

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra výrobních strojů a konstruování

# **Konstrukční řešení kypřiče bezorebného zpracování půdy**

Structural Design of the Cultivator for Soil  
Processing Harvester

Student:

Bc. Jiří Teichmann

Vedoucí diplomové práce:

doc. Ing. Jiří Fries, Ph.D.

Ostrava 2016

## Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Jiří Teichmann**

Studijní program: N2301 Strojní inženýrství

Studijní obor: 3909T001 Konstrukční a procesní inženýrství

Specializace: 70 Zemní, těžební a stavební stroje

Téma: **Konstrukční řešení kypřiče bezorebného zpracování půdy**  
**Structural Design of the Cultivator for Soil Processing Harvester**

Jazyk vypracování: čeština

### Zásady pro vypracování:

V rámci diplomové práce zpracujte stručnou rešerši dané problematiky – analýzu problému. Navrhněte konstrukční řešení kypřiče bezorebného zpracování půdy pro traktory o výkonu cca 40 kW. Proveďte potřebné pevnostní výpočty a zpracujte výkresovou dokumentaci v odpovídajícím rozsahu. Bližší specifikace provozních podmínek a dalších relevantních parametrů určí školitel a zadavatel.

### Seznam doporučené odborné literatury:

KUMHÁLA, F. et al *Zemědělská technika: stroje a technologie pro rostlinnou výrobu*. V Praze: Česká zemědělská univerzita, 2007. 426 s.

JEŘÁBEK, K. *Metodika navrhování strojů*. 1. vydání, Praha: Ediční středisko

ČVUT v Praze, 1999. 119 s.

ČSN 01 6910 *Úprava písemností psaných strojem nebo zpracovaných textovými editory*. Praha: Český norm. institut, srpen 1997. 36 s.

ČSN ISO 690 *Bibliografické citace. Obsah, forma a struktura*. Praha: Český norm. institut, 1996. 32 s.  
Odborná literatura včetně norem a vyhlášek.

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí diplomové práce: **doc. Ing. Jiří Fries, Ph.D.**

Datum zadání: 11.12.2015

Datum odevzdání: 16.05.2016



---

doc. Dr. Ing. Ladislav Kovář  
vedoucí katedry



---

doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.  
děkan fakulty

---

---

### Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě 16. 5. 2016



.....  
podpis

---

---

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že diplomová práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě 16. 5. 2016



podpis

Jméno a příjmení autora práce:

Jiří Teichmann

Adresa trvalého pobytu autora práce:

Třebom 130, 747 25 Sudice

---

---

## ANOTACE DIPLOMOVÉ PRÁCE

TEICHMANN, J. *Konstrukční řešení kypřiče bezorebného zpracování půdy: diplomová práce*. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra výrobních strojů a konstruování, 2016, 52s. Vedoucí práce: doc. Ing. Jiří Fries, Ph.D.

Diplomová práce se zabývá konstrukčním řešením kypřiče půdy, jehož úkolem je provzdušnit a promísit půdu bez orby. V první části práce se nachází stručná rešerše na téma radličkových kypřičů, následují zakoupené součásti pro tento návrh. Výpočet obsahuje návrh či kontrolu stěžejních částí stroje. V další části práce je popsána konstrukce navrhovaného kypřiče spolu s pokyny pro obsluhu, které zajistí jeho správné nastavení a používání. Součástí diplomové práce je také výkresová dokumentace zpracovaná pomocí programu Autodesk Inventor Professional 2015 ve formě příloh.

## ANNOTATION MASTER'S THESIS

TEICHMANN, J. *Structural Design of the Cultivator for Soil Processing Harvester: master's thesis*. Ostrava: VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Production Machines and Design, 2016, 52p. Thesis head: doc. Ing. Jiří Fries, Ph.D.

Master thesis deals with the design of the soil cultivators, whose task is to aerate and mix the soil without plowing. The first part is a brief research on the topic Ploughshare's eradicator, followed purchased parts for this proposal. Calculation includes a proposal or control of key parts of the machine. The next section describes the structure of the proposed cultivator together with the instructions to ensure proper setup and use. Part of the master's thesis is also drawing documentation processed using Autodesk Inventor Professional 2015 in the form of attachments.

---

---

# **OBSAH**

Seznam použitých označení .....	3
1 Úvod.....	5
2 Teoretický rozbor kypřičů .....	6
2.1 Pracovní nástroje kypřičů.....	6
2.2 Konstrukce kypřičů .....	9
2.3 Kombinované radličkové kypřiče .....	10
2.4 Kombinovaný kypřič malého záběru: .....	11
3 Volba typu pěchu .....	12
4 Nakoupené součásti kypřiče .....	15
5 Návrhové výpočty kypřiče.....	17
5.1 Kontrola rámu proti bočnímu smýkání .....	19
5.2 Návrh šroubů pro uchycení slupic.....	20
5.3 Pevnostní kontrola úchyty radliček.....	23
5.4 Návrh střižného šroubu .....	27
5.5 Kontrola rámu na krut a zkroucení.....	30
5.6 Pevnostní kontrola čepu táhla .....	32
5.7 Hydraulický obvod.....	33
5.8 Kontrola rámu nápravy .....	37
6 Popis konstrukce stroje .....	43
6.1 Nastavení pracovní hloubky kypřiče.....	43
6.2 Kopírování terénu pomocí zadního dvojitého válce .....	44
6.3 Nastavení pracovní hloubky talířů .....	45

---

6.4 Úprava připojení k traktoru .....	46
6.5 Změna rozteče slupic, varianty připojení traktoru .....	47
6.6 Přídavné rozšiřující radličky .....	48
7 Závěr .....	49
8 Seznam zdrojů.....	50
9 Přílohy.....	52

## Seznam použitých označení

Značka	Název	Jednotka
$a$	Délka	[mm]
$b$	Délka	[mm]
$b_1$	Rameno nosníku	[mm]
$b_2$	Rameno nosníku	[mm]
$c$	Délka	[mm]
$c_1$	Rozměr poloměru zaoblení profilu	[mm]
$c_2$	Vzdálenost profilu nosníku od osy šroubu	[mm]
$d$	Délka	[mm]
$d_2$	Střední průměr závitu	[mm]
$d_3$	Malý průměr závitu	[mm]
$e$	Vzdálenost krajního vlákna od těžiště	[mm]
$F$	Síla	[N]
$F_{\text{šH}}$	Síla horního šroubu	[N]
$F_{\text{šD}}$	Síla dolního šroubu	[N]
$F_v$	Síla působící na hydromotor	[N]
$F_1$	Síla působící na rám nápravy	[N]
$F_2$	Síla působící na čep nápravy	[N]
$H$	Délka	[mm]
$h_1$	Vzdálenost mezi šrouby slupice	[mm]
$h_2$	Výška slupice	[mm]
$M_k$	Krouticí moment	[Nm]
$M_o$	Ohybový moment	[Nm]
$M_{TZ}$	Moment tření závitu	[Nm]
$f_z$	Součinitel smykového tření závitu	[-]
$J_x$	Kvadratický moment průřezu	[mm <sup>4</sup> ]
$k_s$	Bezpečnost šroubu	[-]
$l$	Délka	[mm]
$m$	Hmotnost kypřiče	[kg]
$n$	Délka	[mm]



---

$P$	Stoupání závitu	[mm]
$p$	Tlak	[MPa]
$p_{Dov}$	Dovolený tlak	[MPa]
$Q$	Množství oleje	[l]
$q$	Průtok čerpadla	[l/min]
$R_A$	Reakce v podpoře A	[N]
$R_B$	Reakce v podpoře B	[N]
$R_e$	Mez kluzu materiálu	[MPa]
$S$	Plocha	[mm <sup>2</sup> ]
$T_{max}$	Maximální tahová síla traktoru	[N]
$v$	Délka	[mm]
$V$	Objem oleje v přímočarém hydromotoru	[l]
$W_k$	Modul průřezu v krutu	[mm <sup>3</sup> ]
$W_o$	Modul průřezu v ohybu	[mm <sup>3</sup> ]
$x$	Vzdálenost mezi slupicí a kolem traktoru	[mm]
$x_T$	Souřadnice těžiště v ose x	[mm]
$y_T$	Souřadnice těžiště v ose y	[mm]
$Z$	Zdvih přímočarého hydromotoru	[mm]
$\alpha$	Úhel HM, úhel závitu	[°]
$\varphi$	Úhel zkroucení	[°]
$\varphi'$	Redukovaný třecí úhel	[°]
$\psi$	Úhel stoupání závitu	[°]
$\sigma$	Normálové napětí	[MPa]
$\sigma_{oDov}$	Dovolené ohybové napětí	[MPa]
$\tau$	Tečné napětí	[MPa]
$\tau_{sDov}$	Dovolené smykové napětí	[MPa]

---

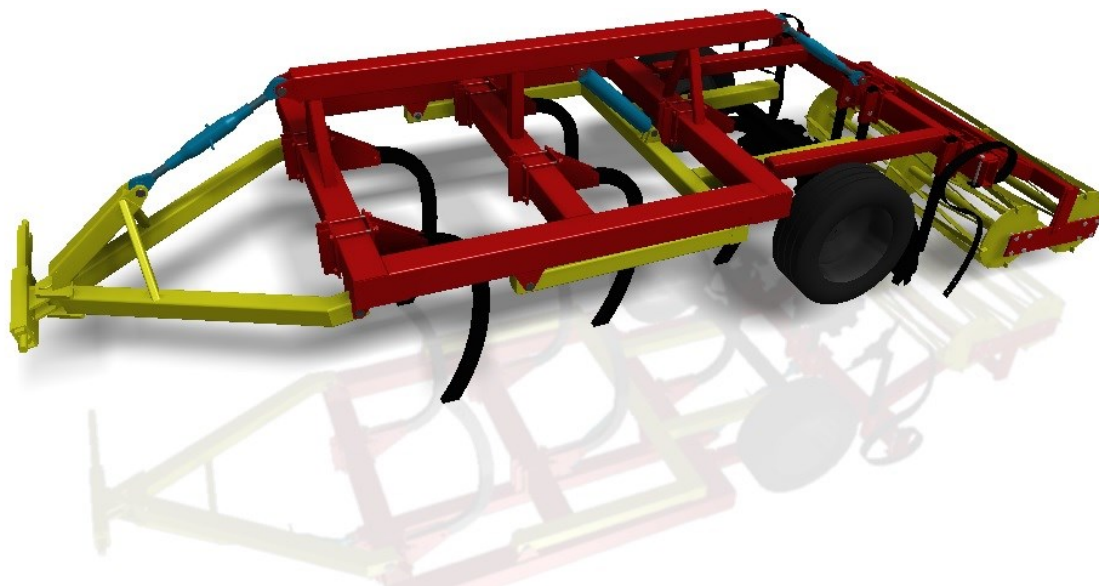
---

# 1 Úvod

Tato diplomová práce se zabývá konstrukčním řešením bezorebného kypřiče půdy pro traktory nižších výkonů (do 40 kW). Návrh vychází z potřeb samostatné hospodařícího rolníka, kdy se při velice suchém létě a podzimu roku 2015 špatně uplatňovala tradiční technologie orby. Bylo tomu tak především kvůli špatnému zahlubování pluhu a tvorbě velkého množství nezpracovatelných hrud. Mnoho zemědělců po této zkušenosti tehdy přešlo k bezorebné technologii pomocí kypřičů pro přípravu půdy k podzimním plodinám. Nicméně malí soukromí zemědělci mnohdy nevlastní natolik silné traktory, aby tyto stroje utáhly v optimální rychlosti. Bezorebné kypřiče se totiž na evropském trhu vyskytují v záběrech od 3 m.

Hlavní myšlenky této práce:

- Navrhnout stroj, který se v současné době vyskytuje pouze ve velkých záběrech
- Při návrhu stroje použít co nejméně nakupovaných komponent
- Návrh výsledného stroje co nejvíce zjednodušit, aby byl snadno vyrobitelný v domácích podmínkách



*Obr. 1 3D model navrhnutého radličkového kypřiče*

---

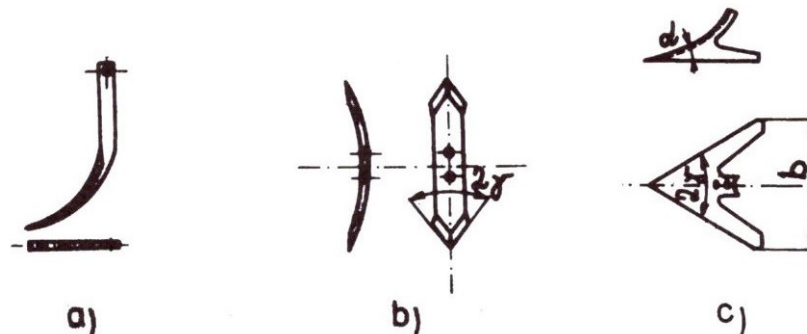
## 2 Teoretický rozbor kypřičů

Kypřič je stroj určený k provzdušnění půdy. Je používán hlavně při předseťové přípravě zeminy tj. k plošné kultivaci, proto se také kypřičům jinak říká i kultivátory. Půda se jejich použitím nakypří, provzdušní, rozdrobí a navzájem promísí. Zapravuje se pomocí nich obvykle hnojivo při plošném hnojení do půdy nebo se používají k vytažení kořenového plevelu na povrch k oschnutí (například pýr plazivý, pcháč oset). Pracovní hloubka těchto strojů bývá do 20 cm, při hlubším kypření jako náhrada orby do 30 cm a při užití v chmelnicích či ve vinicích až 1 m.

### 2.1 Pracovní nástroje kypřičů

Pracovními nástroji kypřičů jsou radličky, které jsou připevněny na slupice a rovnoměrně rozmístěny na rámu stroje. Kypřiče s poháněnými nástroji pro kypření půdy se používají velmi omezeně. Důvodem je především velká energetická náročnost při nižší plošné výkonnosti. Ve spojení se secí strojem (rotační brány) však hrají významnou roli a jsou tak velice často součástí tzv. secí kombinace.

Radličky kypřičů:



Obr. 2 Radličky kypřičů [1]

*a-dlátovitá, b-oboustranná, c-šípová*

Dlátovité radličky (obr. 2 a) jsou vyráběny v jednom kuse spolu se slupicí. Jsou používány pro kultivaci zeminy před setím nebo pro meziřádkovou kultivaci cukrové řepy či kukuřice. Šířka radliček se pohybuje do 2 cm a zahlubují se až do 25 cm. K hlubokému kypření a provzdušnění půdy se používají radličky široké asi 4 cm.

Oboustranné radličky (obr. 2 b) jsou široké v rozmezí 6-8 cm a připevňují se k pružným slupicím. Po otupení je možné radličky obrátit a používat jejich druhý konec. Jsou vhodné pro vytahování kořenového plevelu, zahlubují se do hloubky 15 cm. Jejich

---

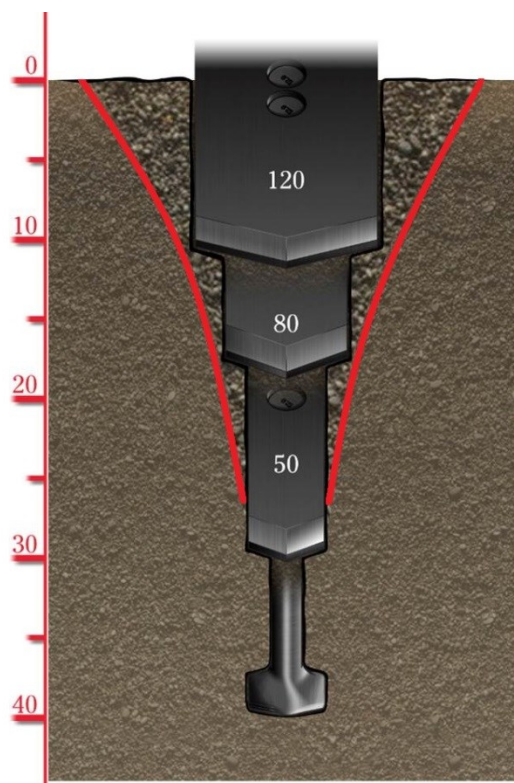
hlavní nevýhodou je vytahování vlhké půdy na povrch. V suchých oblastech tento děj vede ke značným ztrátám půdní vláhy a také může působit problém následné zpracování vysušených hrud.

Šípové radličky (obr. 2 c) mají dvě křídla rozevřená do šířky 20-30 cm, úhel rozevření křídel ( $2\gamma$ ) bývá 60-80°. Tvar a použitelnost radličky určuje tzv. elevační (zvedací) úhel  $\alpha$ .

Úhel  $\alpha < 20^\circ$  mají radličky plecí, vhodné pro podřezávání plevelu při meziřádkové kultivaci. Úhel  $\alpha = 20^\circ$  mají radličky universální, vhodné jak pro podřezávání plevelu, tak i pro kypření. Úhel  $\alpha > 30^\circ$  je určen kypřicím radličkám převážně k nakypření ornice až do hloubky 18 cm.

#### Šířka radliček:

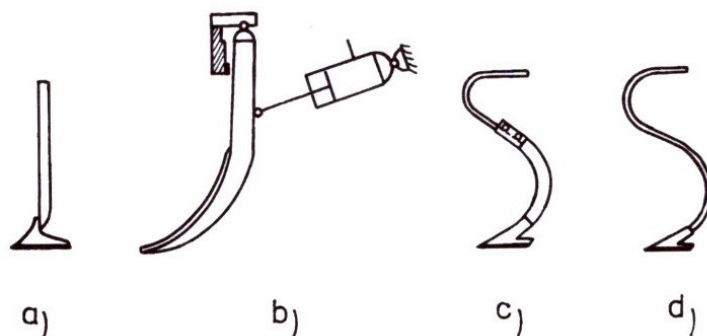
Volba šířky radliček ke zpracování půdy závisí zejména na pracovní hloubce. Čím hlouběji chceme s kypřičem pracovat, tím užší radličku používáme, jak je znázorněno na obr. 3. Při velké pracovní hloubce nad 30 cm již nechceme, aby docházelo k mísení půdy, proto je zde speciální radlička určená pouze k podřezání.



*Obr. 3 Volba šířky radliček na základě hloubky zpracování [4]*

---

### Slupice:



*Obr. 4 Slupice [1]*

*a- tuhé, b- tuhé s pneumaticko-hydraulickou pojistkou, c- polotuhé, d- pružné*

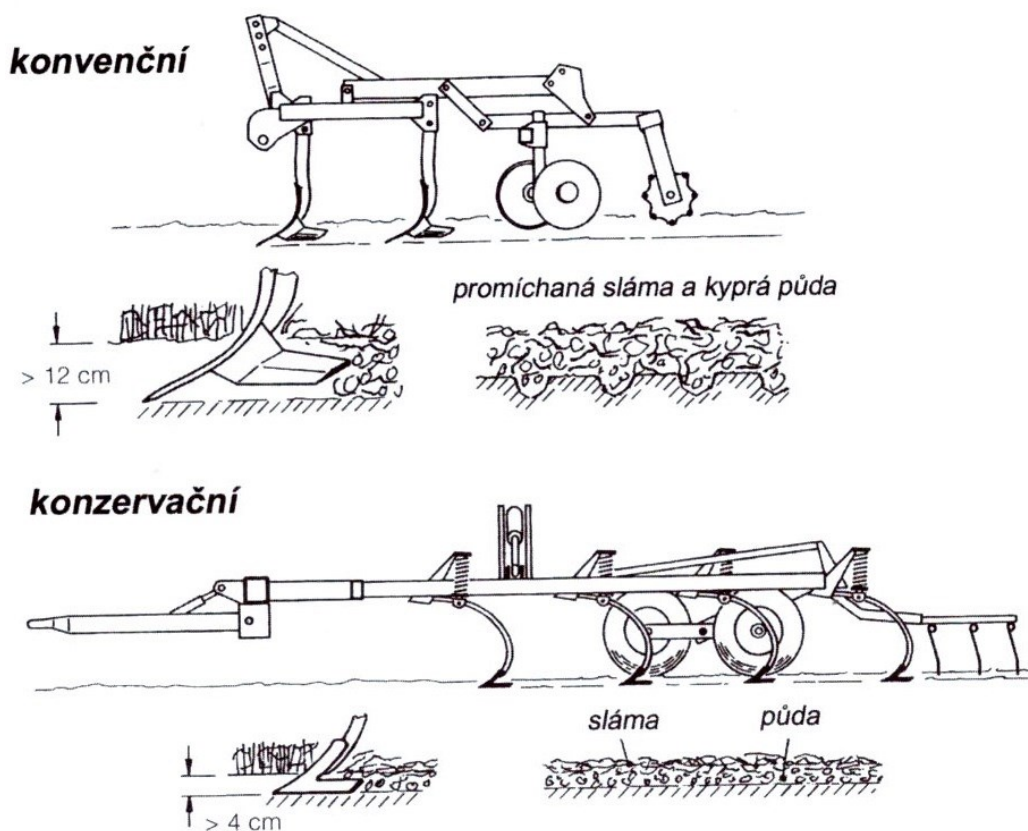
Slupice slouží k připevnění radliček k rámu. Podle konstrukce se rozdělují do 3 skupin. První skupinou (obr. 4 a) jsou tuhé slupice. Mají obdélníkový průřez, který zabezpečuje tuhé uložení radličky bez vibrací. Pro hluboké kypření jsou tyto slupice upevněny na rám pomocí jištění, podobně jako orební tělesa pluhu (obr. 4 b).

Polotuhé slupice (obr. 4 c) mají dvě části. První pružná část je vyrobená z ploché, pružné oceli. Druhá část je tuhá, tvoří ji často uzavřený profil, např. obdélníkový. Je zde umožněn výkyv radličky při najetí na překážku, avšak radličky příliš nevibrují.

Pružné slupice (obr. 4 d) jsou vyráběny z ploché, pružné oceli zahnuté do tvaru písmene S. Umožňují mírné tlumení síly při najetí na překážky jako např. kořeny plevelu či kamení. Při zvýšení odporu se rychlost radliček snižuje a po jeho poklesu opět zvyšuje. Často se na ně upevňují oboustranné radličky a jsou používány pro vytahování kořenového plevelu.

## 2.2 Konstrukce kypřičů

Kypřiče bývají nesené, polonesené nebo návěsné o záběru nejčastěji 3-6 m. Ve velké míře se také používají v kombinaci s dalšími stroji pro předseťovou přípravu půdy.



Obr. 5 Rozdíly ve zpracování půdy radličkovým kypřičem  
v konvenční a v konzervační technologii [1]

Na obr. č. 5 můžeme spatřit rozdíly ve způsobu zpracování půdy mezi kypřiči pro konvenční a konzervační technologii. Hlavní rozdíl je v mísitelnosti půdy, kdy u konvenční technologie dochází k promíchání zeminy a rostlinné zbytky jsou zapraveny do celého profilu pracovní hloubky (více jak 12 cm). U Konzervační technologie, které se také jinak říká půdoochranná, zůstávají posklizňové zbytky (sláma) na povrchu půdy. Hloubka zpracování je menší než u konvenčních kypřičů, přičemž radličky zanechávají rovné dno brázdy.

---

## 2.3 Kombinované radličkové kypřiče

V současné době se uplatňuje trend používání radliček pro mělké kypření v rámci systému ochranného zpracování půdy. K tomu jsou určeny šípové ploché podřezávací radličky. Umožňují docílit rovnoměrnou hloubku zpracování i při plytkém kypření. Kombinované radličkové kypřiče jsou však primárně určeny pro větší hloubku kypření.

Konstrukční řešení těchto radličkových kypřičů přispívá k tomu, že dobře urovnávají půdu, což je vítané především ve víceletém využívání této technologie bez orby. Nejnovější způsoby bezorebného zpracování se ubírají směrem k hlubokému kypření a rozrušení utlačeného podorníčí. Nejznámějším výrobcem strojů pro tyto technologie v Evropě je bezpochyby německá firma Horsch, u nás je to např. firma Farnet.



*Obr. 6 Kombinovaný radličkový kypřič Horsch Tiger AS [5]*

U kombinovaných radličkových kypřičů si můžeme vybrat hned z několika typů radliček (obr. 7) od každého většího výrobce strojů. Hodně se klade důraz na jejich rychlou výměnu, což přináší menší mzdové náklady na obsluhu stroje. Kypřicí dlátovitá radlička může půdu kypřit do hloubky až 30 cm, přitom se klade důraz na kypření bez promíchání půdy. Je to především kvůli šetření půdní vláhy, neboť spodní mokrá půda není vytahována na povrch. Na obr. 6 je zobrazena nejčastěji používaná konstrukce kypřiče, která je doplněná o talířovou sekci a pneumatikový pěchovací válec pro zpětné utužení povrchu půdy.

Pro navrhovaný kypřič očekávám hloubku zpracování okolo 20 – 25 cm, proto volím pro prvotní osazení radličky Horsch Mulchmix – HM plus o šířce 8 cm. Tyto radlice by měly udržovat správnou hloubku zpracování po celou dobu životnosti radličky, která je poměrně vysoká. V rámci modelu není osazení radličkami zobrazeno, protože se dají kdykoliv připevnit či vyměnit na slupici.





*Obr. 7 Typy radliček od firmy Horsch [5]*

## 2.4 Kombinovaný kypřič malého záběru:

Projdeme-li si produkty firem vyrábějících zemědělskou techniku, zjistíme, že na trhu není stroj takového záběru, který by byl schopen bezorebně zpracovat půdu do potřebné hloubky pro traktory nízkých výkonů. Pro malé zemědělce je tedy bezorebná technologie nedostupná, pokud by o ni měli zájem. Z výše uvedených důvodů jsem v této práci navrhnul stroj, který se sériově nevyrábí.

Důvody pro přechod k bezorebné technologii:

- nižší energetická náročnost, úspora paliva
- větší plošná výkonnost
- zpracování erozně ohrožený pozemků (GAEC 2)
- udržení půdní vlhkosti
- možnost půdu zpracovat v době sucha, kdy pluh tvoří hroudy

Výhody zpracování půdy orbou:

- dostupnost pluhů, známá technologie
- lepší zapravení posklizňových zbytků



### 3 Volba typu pěchu

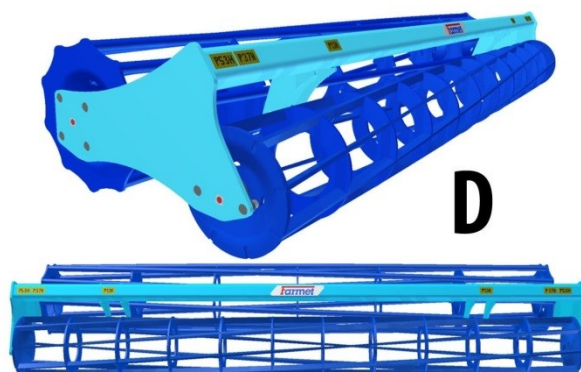
Pěch, přestože tvoří poslední operaci kombinovaného kypřiče, je nejdůležitější část stroje z pohledu struktury půdy po nakypření. Pěch obvykle zastává tyto pracovní operace:

- Utužení povrchové vrstvy – je prováděno za účelem udržení vláh v půdě, neboť přitlačená půda nevysychá tak rychle jako čerstvě nakypřená.
- Drobení půdy – typ pěchu ovlivňuje výslednou strukturu půdy.
- Kopírování terénu – vedení stroje v požadované hloubce je závislé od kol traktoru a pěchu, odkud se nastavuje hloubka zpracování.

Mezi další vlastnosti patří odolnost proti ucpávání nebo také vhodnost do kamenitých či mokrých půd. Užitečné srovnání vlastností jednotlivých konstrukcí pěchů uvádí firma Farnet na svých webových stránkách, viz tab. 1 a obr. 8.

Tab. 1 Srovnání vlastností používaných pěchů firmy Farnet [6]

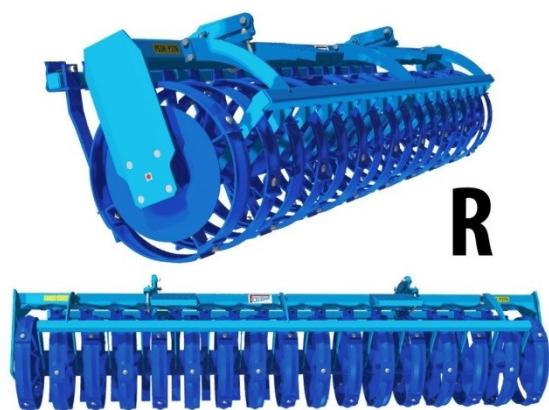
Válec	Trubkový T	Dvojitý D	Segmentový S	Ring R	LTX	Crosskill C	V
Drobení	●●○○	●●●○	●●○○	●●●○	●●○○	●●●●	●●●○
Pěchování	●●●○	●●●○	●●●○	●●●●	●●●●	●●●●	●●●●
Hlubkové vedení	●●●○	●●●●	●●●●	●●●●	●●●●	●○○○	●●●●
Odolnost proti ucpávání	●○○○○	●●●○	●●●●	●●●●	●●●○	●●○○	●●●●
Vhodnost do kamenitých půd	●●●○	●●●○	●●●○	●●●○	●●●○	●●○○	●●●○
Vhodnost do mokrých půd	●○○○	●●○○	●●●●	●●●●	●●●●	●●○○	●●●●
Těžné půdy	●●○○	●●●●	●●●●	●●●●	●●●●	●●●●	●●●●
Střední půdy	●●●○	●●●●	●●●●	●●●●	●●●●	●●●○	●●●●
Lehké půdy	●●●●	●●●●	●●○○	●●●●	●●●○	●●○○	●●●●



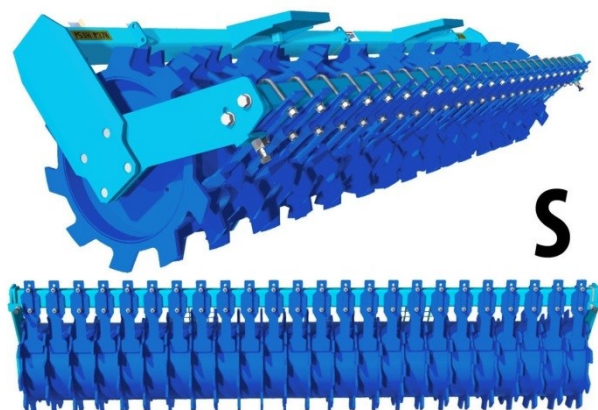
**D**



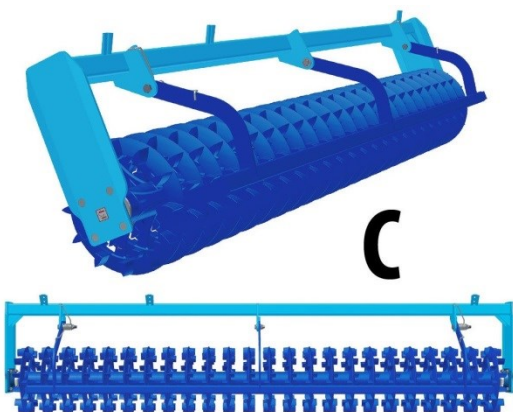
**T**



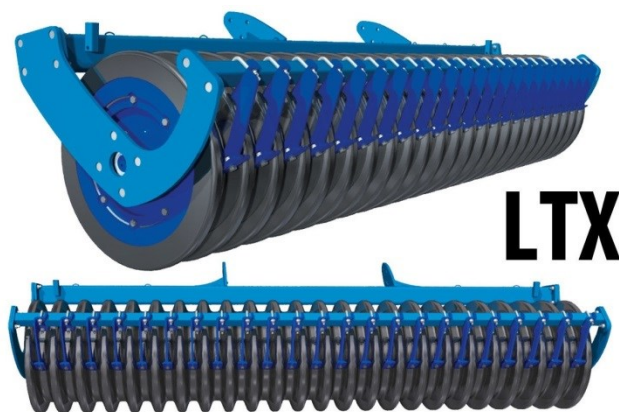
**R**



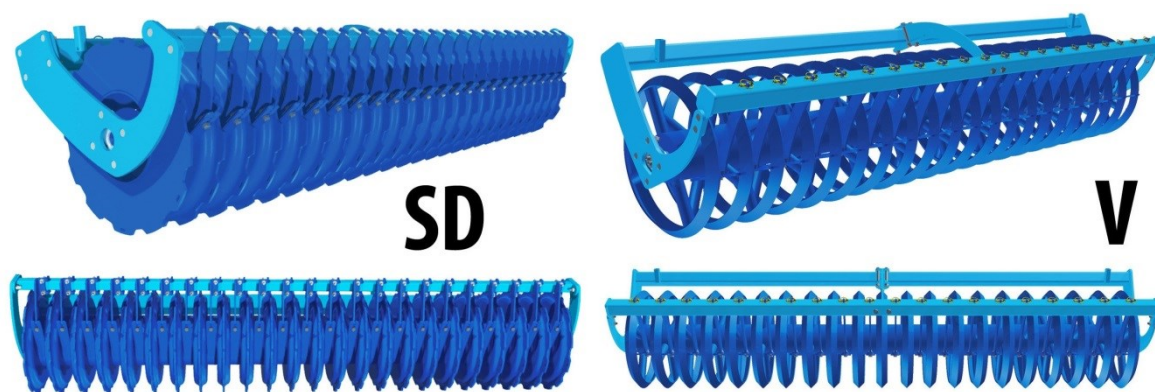
**S**



**C**



**LTX**



*Obr. 8 Typy konstrukce pěchů firmy Farmet [6]*

Z výše uvedených pěchů a jejich vlastností jsem se rozhodoval mezi typem D (dvojitý) a R (Ring). Při použití v praxi se mi u pěchu Ring velice líbí schopnost půdu nadrobit a nechat na jejím povrchu jemné části, zvláště ve vlhkých podmínkách. Ovšem z důvodu výroby pěchu v domácích podmínkách se spíše nabízí konstrukce dvojitého pěchu. Nepotřebuje totiž žádné zvláštní polotovary a s jeho výrobou jsou již určité zkušenosti.

Nevýhoda dvojitého pěchu spočívá hlavně při zalepení hlínou v mokřích podmínkách, což v našem případě nevadí. Jelikož jsme malá farma s nízkým počtem hektarů, můžeme si většinou počkat se zpracováním půdy na vhodnější podmínky.

---

## 4 Nakoupené součásti kypřiče

Přestože se snažím v této práci si co nejvíce dílů udělat svépomocí (kvůli nižší ceně), nevyhnu se zakoupeným součástem, které buď nejdou vyrobit v domácí dílně, nebo je výhodnější je nakoupit. Mezi nejdůležitější patří:

### Náprava:

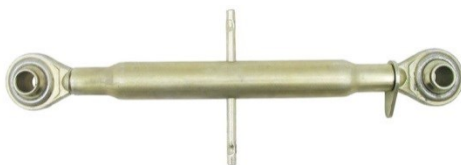
Nápravu nakupuji od firmy Agados. Jedná se o konstrukčně zesílenou nápravu VZ 22 expres s nosností 1 300 kg. Cena je 6 050 Kč s DPH.



*Obr. 9 Náprava Agados VZ 22 expres [7]*

### Třetí bod:

Na stroji jsou použity dva třetí body pro nastavení hloubky zpracování. Oba třetí body jsou kategorie 2 v pracovní délce 535÷785 mm. Zakoupit se dají např. u firmy Zemědělské potřeby M+S za cenu 773 Kč / kus s DPH.



*Obr. 10 Třetí bod kat. 2 [8]*

### Hydromotor:

Na základě následujících výpočtů bude potřeba dvojčinný hydromotor HM1.2 63/32/320 od firmy Elotechnik a dvě hydraulické hadice s rychlospojkami RK 12. Hydromotor stojí 4 202 Kč s DPH.



*Obr. 11 Hydromotor HM1.2 63/32/320 [9]*

---

### Slupice:

Na kypřiči je umístěno pět slupic FG 850 od firmy Horsch. Cena jednoho kusu je u firmy Agrozetshop 4 404 Kč s DPH. Jedná se tedy o poměrně nákladnou koupi, takže se nabízí zvážit, zda se dá kypřič osadit podobnými slupicemi levnějších výrobců, popř. zkusit sehnat neoriginální slupice. Je však nutno počítat s přípojevacími rozměry k úchytu rámu, které se však dají snadno změnit. Pro návrh se počítá s komponenty firmy Horsch.



*Obr. 12 Slupice FG 850 [10]*

### Ložisková jednotka:

Domeček s ložiskem SKF FY 30 TF se dá nakoupit např. u firmy Mateza za cenu 856 Kč s DPH. Pro rotavátory potřebují čtyři ložiskové jednotky.



*Obr. 13 Ložisková jednotka SKF FY 30 TF [11]*

### Pneumatika s diskem:

Tyto komponenty se budu snažit sehnat starší v některém z místních pneuservisů. Na stroji je použit běžně dostupný disk i pneumatika R15.

### Rovnací disk (talíř):

Na kypřiči jsou umístěny čtyři rovnací disky, které jsou nakoupeny např. od firmy Farnet.



*Obr. 14 Disk pravý [13]*

---

## 5 Návrhové výpočty kypřiče

Volba optimálního záběru stroje je poměrně složitá. Závisí především na vlastnostech půdy a jejímu odporu ke zpracování. Záběr stroje volím tak, aby odpovídal použití ve středních půdách, tj. výkonový střed udáván výrobcí.

Tab. 2 Výkonová srovnání kypřičů

Katalogové hodnoty kypřičů:				
Stroj	Tiger AS 5 m	Tiger LT 5 m	Tiger AS 3 m	Turbulent 3 m
Rozteč slupic [mm]	230	320	230	200
Počet slupic	21	15	13	15
Požadovaný výkon [HP]	250 - 340	200 - 370	150 - 205	160 - 240
Dopočítané hodnoty:				
Výkon na 1 m záběru [HP]	50 - 68	40 - 74	50 - 68	53 - 80
Výkon na jednu slupici [HP]	11,9 – 16,2	13,3 – 24,6	11,5 – 15,7	10,6 - 16

### Tažný prostředek:

Zetor 6911

Výkon:  $P = 47,5 \text{ kW} \doteq 65 \text{ HP}$

Tahová síla:  $T_{\max} = 28\,000 \text{ N}$

Vnější šířka traktoru:  $= 1\,800 \text{ mm}$

### Návrh pracovního záběru:

Z tab. 2 můžeme vyčíst, že výkon traktoru odpovídá horní hranici potřebného výkonu kypřičů na 1 m záběru. Mohu tedy zvětšit záběr kypřiče. Zvolím-li si výkon na jednu slupici 13 HP, pak pro výkon traktoru 65 HP odpovídá záběr 5 slupic kypřiče.

Počet slupic: 5

Rozteč slupic: 240 mm

Pracovní záběr: 1200 mm

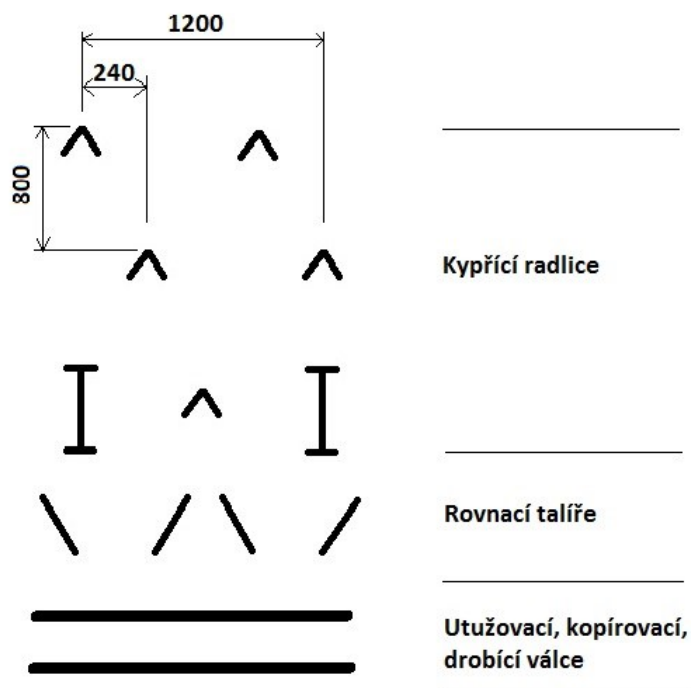
Rozteč řad: 800 mm

Světlost: 810 mm



---

Pracovní operace:

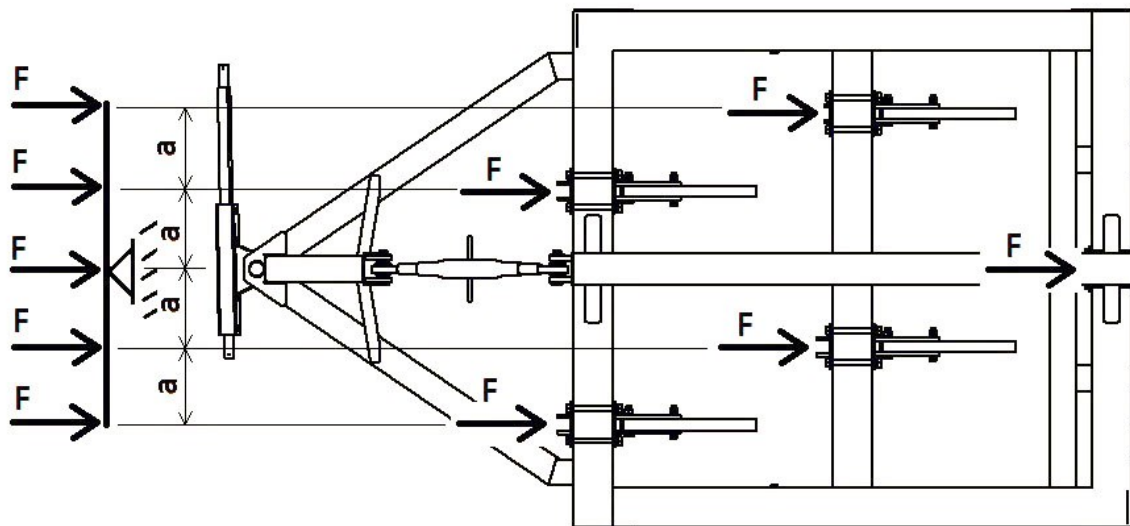


*Obr. 15 Půdorysný pohled na kypřič – pracovní operace*

Na obr. 15 můžeme vidět návrh kypřiče shora, kde jsou ukázány jednotlivé pracovní operace. První z nich je provzdušnit a nakypřit ornici v hloubce 10 - 30 cm, přičemž by se mělo také zapravit co nejvíce posklizňových zbytků do půdy. Za kypřením následují rovnací talíře, které srovnávají hrůbky za radlicemi. Poslední pracovní operaci dělá válec či pěch. Má za úkol rozbít případné hroudy a hlavně utužit půdu, aby nedocházelo ke zbytečnému vysychání, což je nežádoucí hlavně v letních měsících. Pěch slouží také k výškovému vedení stroje.

## 5.1 Kontrola rámu proti bočnímu smýkání

Rozmístění radlic na rámu v jednotlivých řadách není souměrné, proto kontrolují zatížení radlic k otočnému bodu kypřiče.



Obr. 16 Půdorys rámu se zatížením

Rovnováha momentů k otočnému bodu kypřiče:

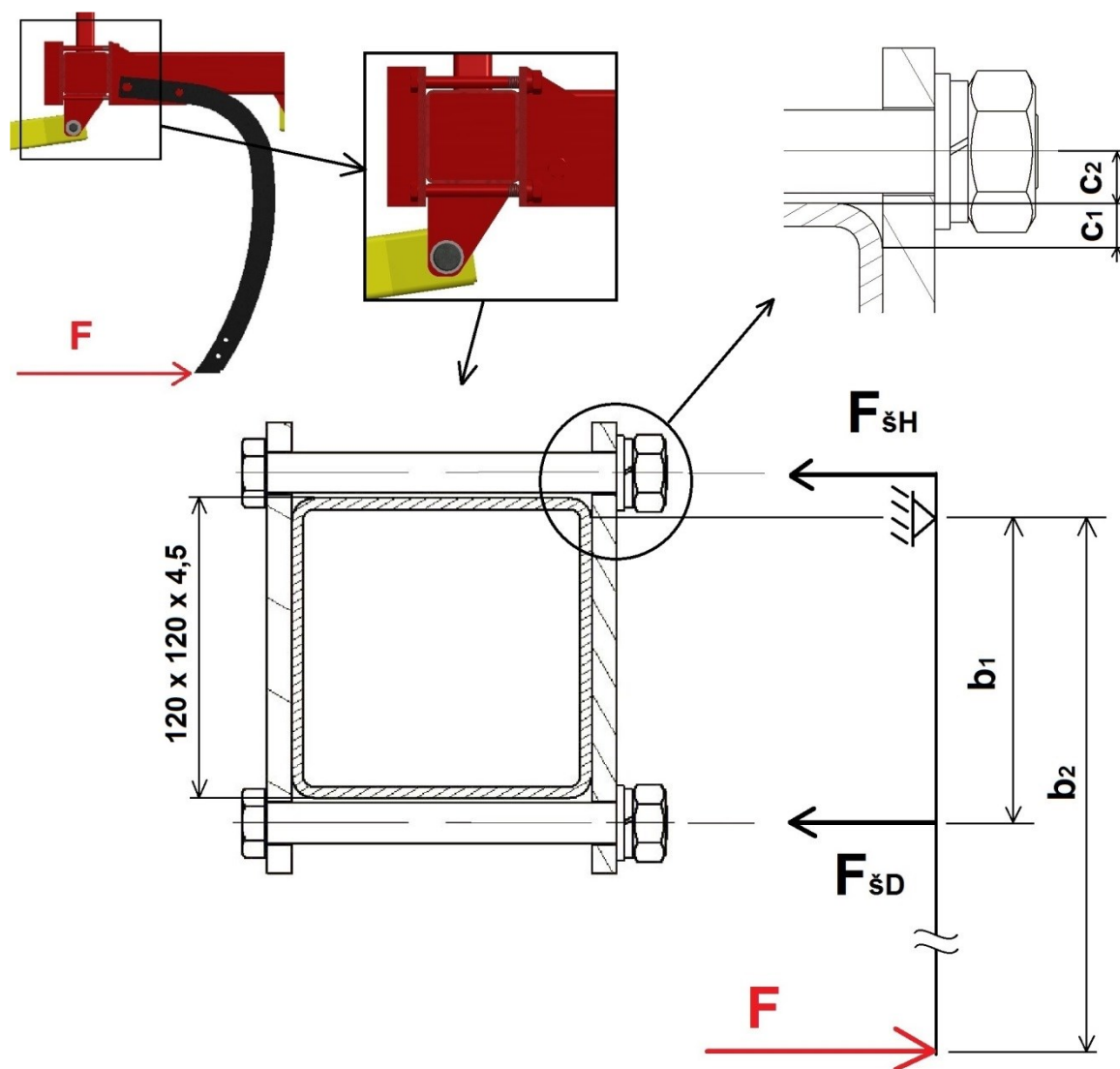
$$\varepsilon M = F \cdot 2a + F \cdot a - F \cdot a - F \cdot 2a \quad (1)$$

$$\varepsilon M = 0$$

Výsledné momenty k otočnému bodu kypřiče se odečtou, tudíž by nemělo docházet k bočnímu smýkání stroje.



## 5.2 Návrh šroubů pro uchycení slupic



Obr. 17 Zatížení šroubů

Zatížení radličky silou  $F$  vyplývá z katalogu firmy Horsch, kdy pro běžné pružinové uchycení radlic je nastavená síla na špičce na 5 000 N, aniž by se změnila geometrie. Pokud naroste půdní odpor, síla se zvětší až na 6 000 N a následně dochází k vyzvednutí radličky. V případě použití hydraulického jištění je možno nastavit odpor až na 8 400 N. Z těchto informací volím max. zatížení pro radličku jištěnou střížným šroubem (obr. 17)

$$F = 8\,400\,N$$

Zatížení od síly horního šroubu zanedbávám, protože síla má malé rameno.

$$F_{\dot{s}H} = 0$$

Rozměry:  $c_1 = 9\,mm$

$$c_2 = 10\,mm$$

---


$$b_1 = 120 - c_1 + c_2 = 120 - 9 + 10 = 121 \text{ mm}$$

$$b_2 = b_1 + 810 = 121 + 810 = 931 \text{ mm}$$

Z momentové rovnováhy ke hraně profilu na obr. 17 vyplývá zatížení jednoho dolního šroubu z podmínky pro ohyb (namáhání tahem je vzhledem k velkému ohybovému rameni zanedbatelné):

$$\varepsilon M_i = F \cdot b_2 - 2 \cdot F_{sD} \cdot b_1$$

$$F_{sD} = \frac{F \cdot b_2}{b_1 \cdot 2} \quad (2)$$

$$F_{sD} = \frac{8400 \cdot 931}{121 \cdot 2}$$

$$F_{sD} = 32\,316 \text{ N}$$

Pevnostní kontrola šroubu:

Volím šroub M16, pevnostní třídy 8.8 ( $R_e = 640 \text{ Mpa}$ )

$$\text{malý průměr závitu:} \quad d_3 = 13,546 \text{ mm}$$

$$\text{střední průměr závitu:} \quad d_2 = 14,701 \text{ mm}$$

$$\text{stoupání:} \quad P = 2 \text{ mm}$$

$$\text{součinitel smykového tření závitu:} \quad f_z = 0,2$$

Redukovaný třecí úhel:

$$\varphi' = \arctg \frac{f_z}{\cos \frac{\alpha}{2}} \quad (3)$$

$$\varphi' = \arctg \frac{0,2}{\cos(30^\circ)}$$

$$\varphi' = 13^\circ$$

Úhel stoupání závitu:

$$\psi = \arctg \frac{P}{\pi \cdot d_2} \quad (4)$$

$$\psi = \arctg \frac{P}{\pi \cdot d_2}$$

$$\psi = 13^\circ$$

---

Namáhání šroubu na tah:

$$\sigma_t = \frac{F}{S} = \frac{F_{sD}}{\frac{\pi \cdot d_3^2}{4}} \quad (5)$$

$$\sigma_t = \frac{32\,316}{\frac{\pi \cdot 13,546^2}{4}}$$

$$\sigma_t = 224 \text{ MPa}$$

Namáhání šroubu na krut:

$$\tau_k = \frac{M_{TZ}}{W_k} = \frac{F_{sD} \cdot \operatorname{tg}(\psi + \varphi') \cdot \frac{d_2}{2}}{\frac{\pi \cdot d_3^3}{16}} \quad (6)$$

$$\tau_k = \frac{32\,316 \cdot \operatorname{tg}(2,48 + 13) \cdot \frac{14,701}{2}}{\frac{\pi \cdot 13,546^3}{16}}$$

$$\tau_k = 135 \text{ MPa}$$

Bezpečnost šroubu:

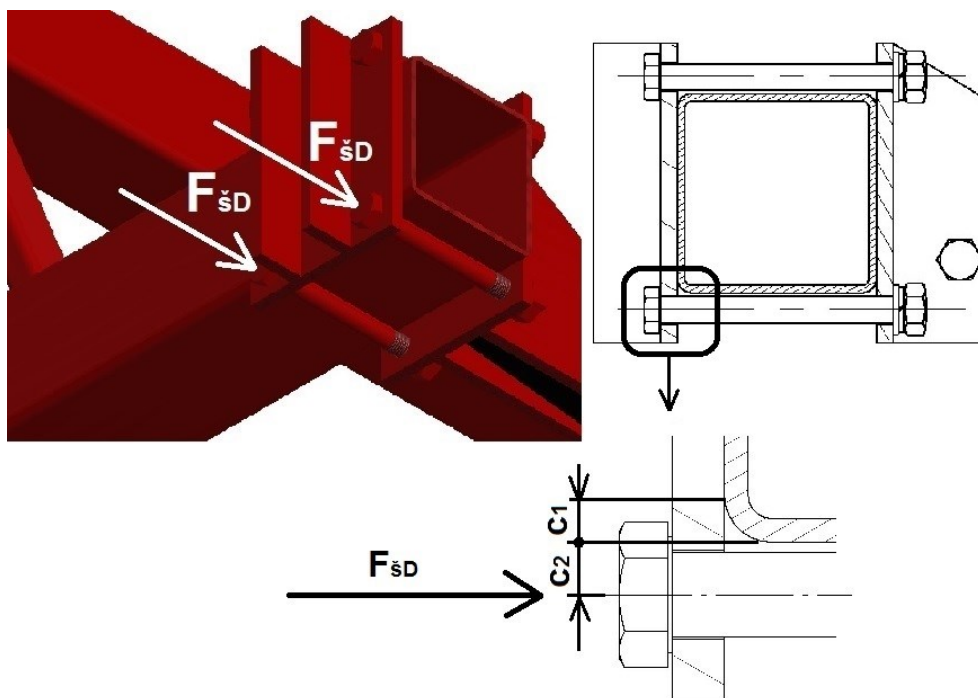
$$k_s = \frac{R_e}{\sigma_{RED}} = \frac{R_e}{\sqrt{\sigma_t^2 + 4 \cdot \tau_k^2}} \quad (7)$$

$$k_s = \frac{640}{\sqrt{224^2 + 4 \cdot 135^2}}$$

$$k_s = 1,82$$

Výsledná bezpečnost vyhovuje. Minimální bezpečnost volím  $k_{smin} = 1,5$

### 5.3 Pevnostní kontrola úchyty radliček



Obr. 18 Namáhání úchyty radliček na ohyb

Na obr. 18 můžeme vidět držák radličky, který je přichycen k rámu pomocí čtyř šroubů. Zde kontroluji přední část úchyty, respektive plech vyztužený dalšími dvěma svislými plechy, zda se neohnou. Zatížení silami  $F_{sD}$  plyne ze vztahu (2). Svařený profil je zobrazen na obr. 19.

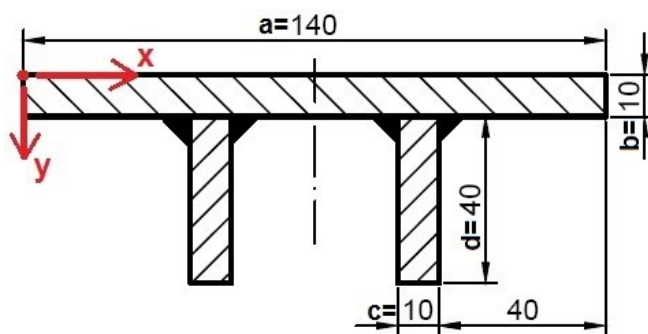
Maximální ohybový moment dvojice sil:

$$M_{omax} = 2 \cdot F_{sD} \cdot (c_1 + c_2) \quad (8)$$

$$M_{omax} = 2 \cdot 32\,316 \cdot (9 + 10)$$

$$M_{omax} = 1\,228\,008 \text{ Nmm}$$

Výpočet modulu průřezu v ohybu:



Obr. 19 Svařovaný profil úchyty

---

Plochy jednotlivých průřezů:

$$S_1 = a \cdot b \quad (9)$$

$$S_1 = 10 \cdot 140$$

$$S_1 = 1\,400 \text{ mm}^2$$

$$S_2 = c \cdot d \quad (10)$$

$$S_2 = 10 \cdot 40$$

$$S_2 = 400 \text{ mm}^2$$

Vzdálenost jednotlivých průřezů od počátku v ose y:

$$y_{T1} = 5 \text{ mm}$$

$$y_{T2} = 30 \text{ mm}$$

Souřadnice těžiště:

$$x_T = 70 \text{ mm}$$

$$y_T = \frac{S_1 \cdot y_{T1} + 2 \cdot S_2 \cdot y_{T2}}{S_1 + 2 \cdot S_2} \quad (11)$$

$$y_T = \frac{1\,400 \cdot 5 + 2 \cdot 400 \cdot 30}{1\,400 + 2 \cdot 400}$$

$$y_T = 14,09 \text{ mm}$$

Kvadratické momenty jednotlivých průřezů:

$$J_{x1} = \frac{a \cdot b^3}{12} \quad (12)$$

$$J_{x1} = \frac{140 \cdot 10^3}{12}$$

$$J_{x1} = 11\,666,7 \text{ mm}^4$$

$$J_{x2} = \frac{c \cdot d^3}{12} \quad (13)$$

$$J_{x2} = \frac{10 \cdot 40^3}{12}$$

$$J_{x2} = 53\,333,3 \text{ mm}^4$$

---

Steinerova věta:

$$J_{xT1} = J_{x1} + S_1 \left( y_T - \frac{b}{2} \right)^2 \quad (14)$$

$$J_{xT1} = 11\,666,7 + 1\,400 \left( 14,09 - \frac{10}{2} \right)^2$$

$$J_{xT1} = 127\,346 \text{ mm}^4$$

$$J_{xT2} = J_{x2} + S_2 \left( b + \frac{d}{2} - y_T \right)^2 \quad (15)$$

$$J_{xT2} = 53\,333,3 + 400 \left( 10 + \frac{40}{2} - 14,09 \right)^2$$

$$J_{xT2} = 154\,585 \text{ mm}^4$$

Kvadratický moment celého průřezu:

$$J_{xT} = J_{xT1} + 2 \cdot J_{xT2} \quad (16)$$

$$J_{xT} = 127\,346 + 2 \cdot 154\,585$$

$$J_{xT} = 436\,516 \text{ mm}^4$$

Vzdálenost krajních vláken od těžiště:

$$e_1 = y_T$$

$$e_1 = 14,09 \text{ mm}$$

$$e_2 = b + d - y_T \quad (17)$$

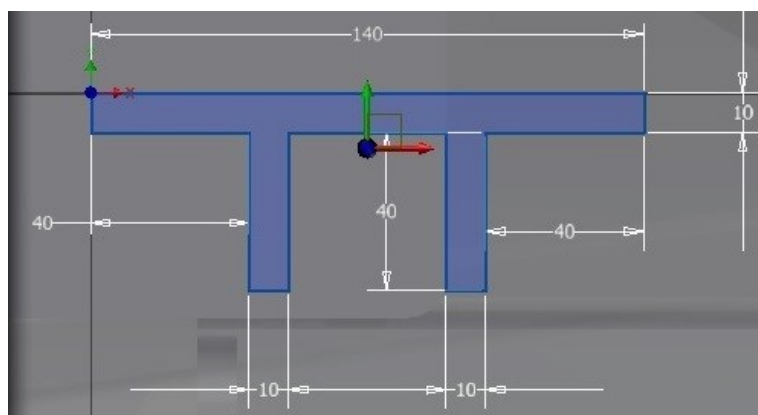
$$e_2 = 10 + 40 - 14,09$$

$$e_2 = 35,91 \text{ mm}$$

---

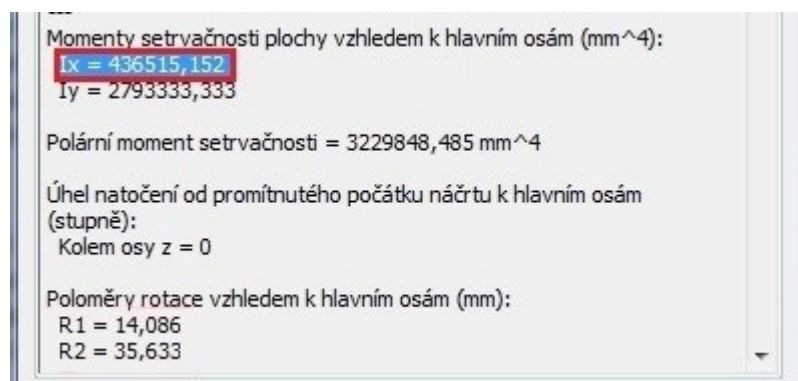
Kontrola výpočtu pomocí programu Autodesk Inventor:

Na obr. 20 můžeme vidět náčrt profilu a umístění těžiště.



Obr. 20 Náčrt profilu

Hodnota kvadratického momentu v ose x souhlasí podle obr. 21 s výpočtem.



Obr. 21 Hodnoty profilu

Modul průřezu v ohybu:

$$W_{01} = \frac{J_{xT}}{e_1} \quad (18)$$

$$W_{01} = \frac{436\,516}{14,09}$$

$$W_{01} = 30\,981 \text{ mm}^3$$

$$W_{02} = \frac{J_{xT}}{e_2} \quad (19)$$

$$W_{02} = \frac{436\,516}{35,91}$$

$$W_{02} = 12\,156 \text{ mm}^3$$

Dále již počítám s nižší hodnotou modulu průřezu v ohybu  $W_0 = W_{02} = 12\,156 \text{ mm}^3$

Ohybové napětí:

$$\sigma_0 = \frac{M_{omax}}{W_o} \quad (20)$$

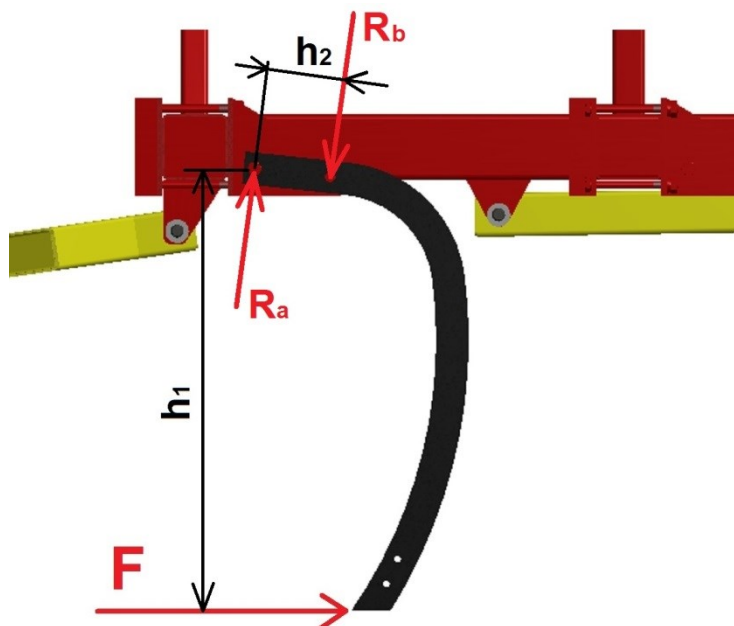
$$\sigma_0 = \frac{1\,228\,008}{12\,156}$$

$$\sigma_0 = 101 \text{ MPa} \rightarrow \text{vyhovuje}$$

volím  $\sigma_{0Dov} = 120 \text{ MPa}$  dle [2] str. 54 pro materiál 11 343

## 5.4 Návrh střižného šroubu

Radličky jsou jištěny střižným šroubem, kdy při nárazu radlice na překážku se šroub stříhne a radlice se vyzvedne ze země. Maximální síla, která může působit na špičce radlice je 8 400 N. Viz obr. 22.



Obr. 22 Zatížení pro stříh šroubu

Rozměry:  $h_1 = 810 \text{ mm}$

$h_2 = 140 \text{ mm}$

Z momentové rovnováhy vyplývá vztah:

$$\varepsilon M_{iA} = F \cdot h_1 - R_B \cdot h_2$$

$$R_B = \frac{F \cdot h_1}{h_2} \quad (21)$$

$$R_B = \frac{8\,400 \cdot 810}{140}$$

$$R_B = 48\,600 \text{ N}$$



---

Podmínka pro střih:

$$\tau_s = \frac{F}{2 \cdot S} = \frac{R_B}{2 \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4}} = \frac{2 \cdot R_B}{\pi \cdot d^2} \cong \tau_{sDov} \quad (22)$$

Dovolené napětí ve střihu:

Šroub třídy pevnosti 5.6 ( $R_e = 300 \text{ MPa}$ )

$$\tau_{sDov} = 0,6 \cdot R_e \quad (23)$$

$$\tau_{sDov} = 0,6 \cdot 300$$

$$\tau_{sDov} = 180 \text{ MPa}$$

Návrh průměru lícovaného šroubu:

$$d = \sqrt{\frac{2 \cdot R_B}{\pi \cdot \tau_{sDov}}} \quad (24)$$

$$d = \sqrt{\frac{2 \cdot 48\,600}{\pi \cdot 180}}$$

$$d = 13,11 \text{ mm}$$

Volím lícovaný šroub M12 ČSN 02 1111 5.6 o průměru dříku 13 mm.

Skutečná reakce  $R_B$  při přestihnutí:

$$R_{BSkut} = \frac{\tau_{sDov} \cdot \pi \cdot d^2}{2} \quad (25)$$

$$R_{BSkut} = \frac{180 \cdot \pi \cdot 13^2}{2}$$

$$R_{BSkut} = 47\,783 \text{ N}$$

Skutečná střižná síla radlice:

$$F_{Skut} = \frac{R_B \cdot h_2}{h_1} \quad (26)$$

$$F_{Skut} = \frac{47\,783 \cdot 140}{810}$$

$$F_{Skut} = 8\,259 \text{ N}$$

---

### Kontrola na otláčení:

Podle [2] str. 54 pro ocel 11 343 volím  $p_{Dov} = 120 \text{ MPa}$

Střížný šroub:

$$\begin{aligned} p &= \frac{F}{S} = \frac{R_{Bskut}}{d \cdot l} \leq p_{Dov} \\ l_{min} &= \frac{R_{Bskut}}{d \cdot p_{max}} \\ l_{min} &= \frac{47\,783}{13 \cdot 120} \\ l_{min} &= 30,6 \text{ mm} \end{aligned} \tag{27}$$

Pro úchyt volím délku 2 x 20 mm, v radlici je délka daná 35 mm její tloušťkou.

Síla působící na uchycovací šroub:

$$\begin{aligned} \varepsilon F_i = 0 &= F_{skut} - R_{Bskut} + R_A \\ R_A &= -F_{skut} + R_{Bskut} \\ R_A &= -8\,259 + 47\,783 \\ R_A &= 39\,524 \text{ N} \end{aligned} \tag{28}$$

Uchycovací šroub radličky:

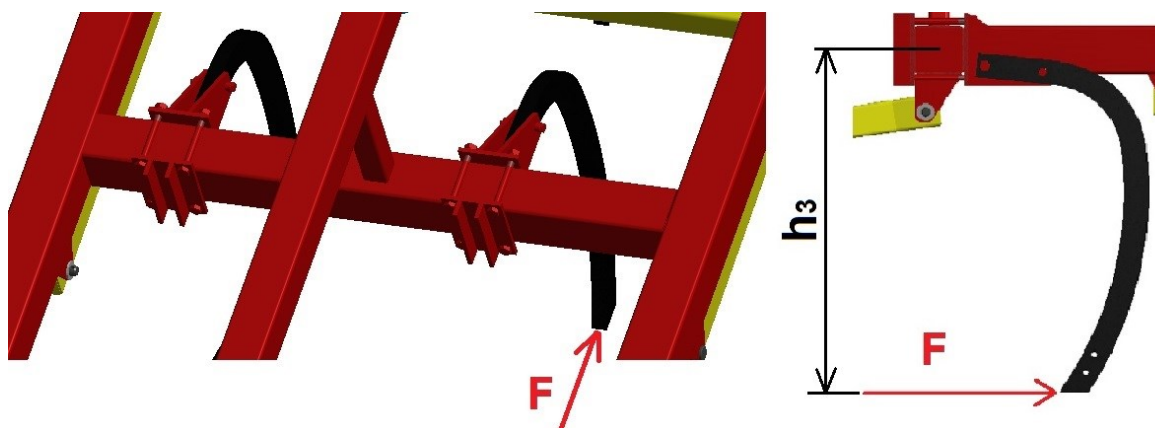
Volím lícovaný šroub M16 ČSN 02 1111 o průměru dříku 17 mm

$$\begin{aligned} l_{min} &= \frac{R_A}{d \cdot p_{max}} \\ l_{min} &= \frac{39\,524}{17 \cdot 120} \\ l_{min} &= 19,4 \text{ mm} \end{aligned} \tag{29}$$

Volím délku úchytu šroubu 2 x 10 mm.

## 5.5 Kontrola rámu na krut a zkroucení

Rám stroje je zatěžován převážně krouticím momentem od jednotlivých radliček. Radličky jsou ve třech řadách, ve třetí řadě je pouze jedna radlička. V první řadě se nachází dvě radličky, zde jsou ovšem také táhla oje, které tvoří opačný krouticí moment. Takže výsledné namáhání nosníku na krut je menší než v druhé řadě. Proto počítám na krut druhou řadu radliček (obr. 23). Nosník je navíc uprostřed propojen stojkou s dalším profilem, tudíž je to zpevňující část, která v tomto výpočtu nebude zahrnuta.



Obr. 23 Zatížení rámu

Rozměry:  $h_3 = 860 \text{ mm}$

Krouticí moment:

$$M_k = F \cdot h_3 \quad (30)$$

$$M_k = 8\,400 \cdot 860$$

$$M_k = 7\,224\,000 \text{ Nmm}$$

Modul průřezu v krutu:

V programu Autodesk Inventor pro profil 120 x 120 x 4,5  $W_k = 96\,050 \text{ mm}^3$

Tab. 3 Modul průřezu v krutu  $W_k$

Stav řádku	Plocha průřezu [mm <sup>2</sup> ]	Moment setrvačnosti [mm <sup>4</sup> ]	Průřezový modul [mm <sup>3</sup> ]	Modul tuhosti v krutu [mm <sup>4</sup> ]	Modul průřezu v krutu [mm <sup>3</sup> ]	Koeficient smykového p..
19	2330	3.39e+006	67800	4146191	88499,275	2,1
20	2050	4.52e+006	75300	5546876	96049,8	2,1
21	2510	5.44e+006	90600	6707429	117262,75	2,1

Napětí v krutu:

$$\tau_k = \frac{M_k}{W_k} \quad (31)$$

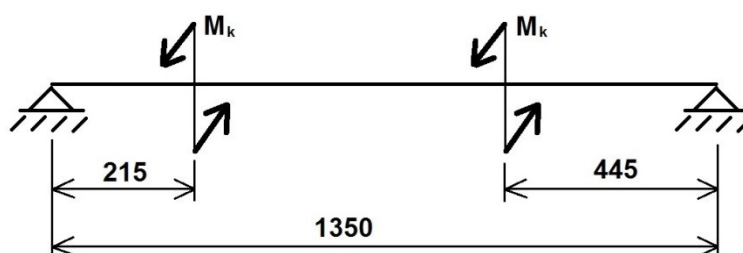
$$\tau_k = \frac{7\,224\,000}{96\,050}$$

$$\tau_k = 75,2 \text{ MPa} < \tau_{kDov} \rightarrow \text{vyhovuje}$$

Na základě [2] str. 54 pro materiál 11 343 volím  $\tau_{kDov} = 80 \text{ MPa}$

Zkroucení:

Na obr. 24 je vidět zatížení rámu od druhé řady radliček. Počítám úhel zkroucení rámu při působení  $M_k$  ve vzdálenosti 445 mm od kraje rámu.



Obr. 24 Zatížení rámu od druhé řady radliček

Polární moment  $J_p$ :

V programu Autodesk Inventor označen jako modul tuhosti v krutu pro profil 120 x 120 x

$$4,5 \quad J_p = 5\,546\,876 \text{ mm}^4$$

Tab. 4 Polární moment  $J_p$

Stav řádku	Plocha průřezu [mm <sup>2</sup> ]	Moment setrvačnosti [mm <sup>4</sup> ]	Průřezový modul [mm <sup>3</sup> ]	Modul tuhosti v krutu [mm <sup>4</sup> ]	Modul průřezu v krutu [mm <sup>3</sup> ]	Koeficient smyko...
19	2330	3.39e+006	67800	4146191	88499,275	2,1
20	2050	4.52e+006	75300	5546876	96049,8	2,1
21	2510	5.44e+006	90600	6707429	117262,75	2,1

Úhel zkroucení:

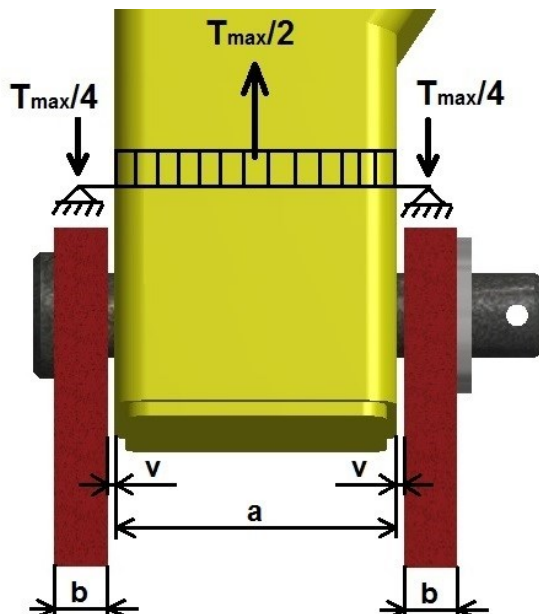
$$\varphi = \frac{M_k \cdot l}{G \cdot J_p} \cdot \frac{180}{\pi} \quad (32)$$

$$\varphi = \frac{7\,224\,000 \cdot 445}{80\,000 \cdot 5\,546\,876} \cdot \frac{180}{\pi}$$

$$\varphi = 0,415^\circ$$

## 5.6 Pevnostní kontrola čepu táhla

Tahová síla traktoru se přenáší od oje na rám kypřiče pomocí dvou čepů, což je znázorněno na obr. 25. Čep o průměru 24 mm a délky 140 mm kontrolují hlavně na ohyb, následně na stříh a otláčení.



Obr. 25 Zatížení čepu oje

Rozměry:  $a = 80 \text{ mm}$

$b = 15 \text{ mm}$

$v = 2 \text{ mm}$

Maximální ohybový moment:

$$M_{omax} = \frac{T_{max}}{4} \cdot \left( \frac{a}{2} + v + \frac{b}{2} \right) - \frac{T_{max}}{4} \cdot \frac{a}{4} \quad (33)$$

$$M_{omax} = \frac{28\,000}{4} \cdot \left( \frac{80}{2} + 2 + \frac{15}{2} \right) - \frac{28\,000}{4} \cdot \frac{80}{4}$$

$$M_{omax} = 206\,500 \text{ Nmm}$$

Kontrola na ohyb:

$$\sigma_o = \frac{M_{omax}}{W_o} = \frac{M_{omax}}{\frac{\pi \cdot d^3}{32}} \quad (34)$$

$$\sigma_o = \frac{206\,500}{\frac{\pi \cdot 24^3}{32}}$$

$$\sigma_o = 152 \text{ MPa} < \sigma_{oDov} \rightarrow \text{vyhovuje}$$

Dle [2] str. 54 pro materiál čepu 11 500 volím dovolené napětí  $\sigma_{oDov} = 200 \text{ MPa}$

---

Kontrola na stříh:

$$\tau_s = \frac{F}{S} = \frac{\frac{T_{max}}{2}}{2 \cdot S} = \frac{\frac{T_{max}}{2}}{2 \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4}} = \frac{T_{max}}{\pi \cdot d^2} \quad (35)$$

$$\tau_s = \frac{28\,000}{\pi \cdot 24^2}$$

$$\tau_s = 15,5 \text{ MPa} < \tau_{sDov} \rightarrow \text{vyhovuje}$$

Podle [2] str. 54 pro materiál čepu 11 500 volím dovolené napětí  $\tau_{sDov} = 100 \text{ MPa}$

Kontrola na otláčení:

$$p = \frac{F}{S} = \frac{\frac{T_{max}}{2}}{d \cdot b} \quad (36)$$

$$p = \frac{28\,000}{2 \cdot 24 \cdot 15}$$

$$p = 39 \text{ MPa} < p_{Dov} \rightarrow \text{vyhovuje}$$

Dle [2] str. 54 pro materiál rámu 11 343 volím dovolené napětí  $p_{Dov} = 80 \text{ MPa}$

## 5.7 Hydraulický obvod

Pro zvedání a spouštění kypřiče do země je použita zvedací náprava ovládaná pomocí hydromotoru. Hydromotor bude přímo spojen s vnějším hydraulickým okruhem traktoru, kde se dají připojit buď dva jednočinné hydromotory, nebo jeden dvojčinný hydromotor. Pro kypřič volím variantu dvojčinného hydromotoru z důvodu zvedání nápravy nad terén. Hydraulické komponenty jako čerpadlo, olej, rozvaděč apod. jsou součástí traktoru Zetor 6911 s následujícími parametry:

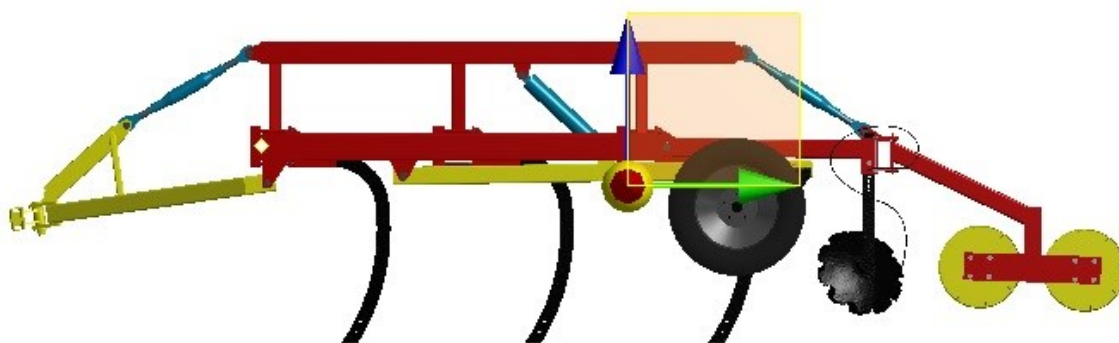
$$\text{pracovní tlak:} \quad p_{prac} = 12 \text{ MPa}$$

$$\text{maximální tlak:} \quad p_{max} = 16 \text{ MPa}$$

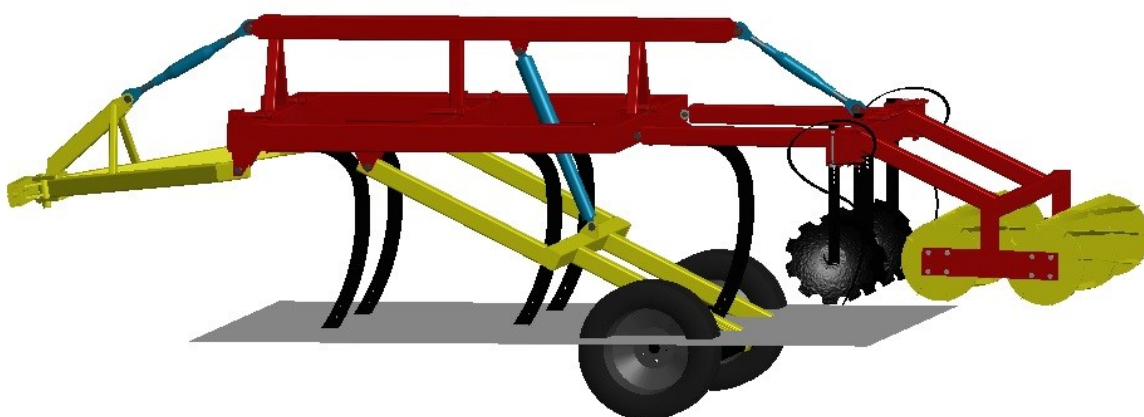
$$\text{množství oleje:} \quad Q = 8 \div 10 \text{ l}$$

$$\text{průtok čerpadla:} \quad q = 20 \text{ l/min}$$

Hmotnost stroje dle programu Autodesk Inventor:  $m = 810 \text{ kg}$ . Pro výpočet hydromotoru budu počítat s hmotností  $m = 1\,000 \text{ kg}$  ze dvou důvodů. Jednak ať je hydraulika dostatečně naddimenzována, protože na starších traktorech se často kazí. Druhým důvodem je případné přidání nových pracovních částí na stroj, záměna částí či dotížení kypřiče závaží. Náprava kypřiče je téměř v těžišti stroje (Obr. 26), tudíž budu počítat se zvedáním celé hmotnosti stroje.



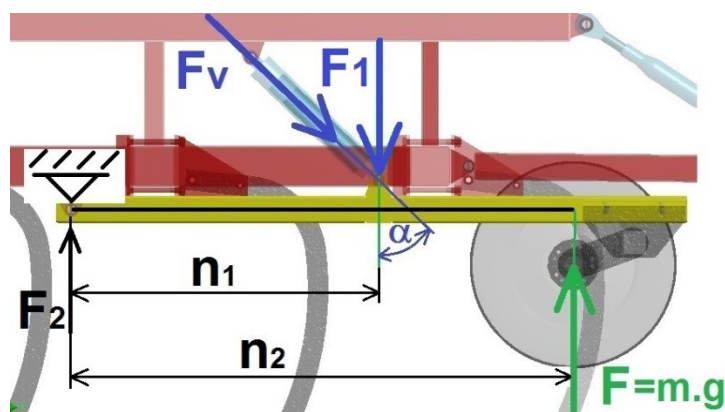
*Obr. 26 Těžiště kypřiče, plně zvednutá náprava*



*Obr. 27 Zvednutý kypřič*

Pracovní hloubka kypřiče činí  $100 \div 300$  mm. Náprava stroje musí umožnit jak plné zahloubení stroje, tj. 300 mm (obr. 26), tak i zvednutí pro transport (obr. 27). Výšku radliček nad zemí volím minimálně 300 mm. Navržené uchycení nápravy umožňuje nápravu zvedat v rozsahu  $-300 \div 400$  mm, tj. zdvih 700 mm při zdvihu hydraulického válce  $Z = 320$  mm.

Výpočet provádím ve stavu, kdy na píst působí největší síla, tj. při zvednuté nápravě (obr. 28). Vzdálenost otočného bodu od středu nosníku je relativně malá, proto ji zanedbávám.



Obr. 28 Zjednodušený silový rozbor zatížení HM

Rozměry:  $n_1 = 890 \text{ mm}$   
 $n_2 = 1\,452 \text{ mm}$   
 $\alpha = 45^\circ$

Výpočet síly  $F_1$ :

$$\begin{aligned}\varepsilon M_i &= 0 = F_1 \cdot n_1 - F \cdot n_2 \\ F_1 &= \frac{F \cdot n_2}{n_1} = \frac{m \cdot g \cdot n_2}{n_1} \\ F_1 &= \frac{1000 \cdot 9,81 \cdot 1\,452}{890} \\ F_1 &= 16\,005 \text{ N}\end{aligned}\tag{37}$$

Výpočet reakční síly  $F_2$ :

$$\begin{aligned}\varepsilon F_{iy} &= 0 = F_1 - F_2 - m \cdot g \\ F_2 &= F_1 - m \cdot g \\ F_2 &= 16\,005 - 1\,000 \cdot 9,81 \\ F_2 &= 6\,195 \text{ N}\end{aligned}\tag{38}$$

Síla v působící ve válci  $F_v$ :

$$\begin{aligned}F_v &= \frac{F_1}{\cos(\alpha)} \\ F_v &= \frac{16\,005}{\cos(45^\circ)} \\ F_v &= 22\,634 \text{ N}\end{aligned}\tag{39}$$



Velikost hydraulického válce:

$$p = \frac{F}{S} = \frac{F_v}{\frac{\pi \cdot d^2}{4}}$$

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot F_v}{\pi \cdot p_{prac}}} \quad (40)$$

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot 22\,634}{\pi \cdot 12}}$$

$$d = 49 \text{ mm}$$

Volím skutečný průměr válce s dostatečnou rezervou  $d_{skut} = 63 \text{ mm}$ .

Navrhuji dvojčinný hydromotor HM1.2 63/32/320

Podle tab. 5 tento válec vyhovuje na vzpěr při maximálním vysunutí.

Tab. 5 Doporučené zdvihy HM [12]

**TABULKA DOPORUČENÝCH ZDVIHOV A SÍL**

valec piestnica		TABUĽKA DOPORUČENÝCH ZDVIHOV PRE PRACOVNÝ TLAK 16 MPa																
Ø D	Ø d	50	63	80	100	125	160	200	250	320	400	500	630	800	900	1000	1100	1200
32	18	•	•	•	•	•	•	•	•	○	○							
40	22		•	•	•	•	•	•	•	•	○	○						
50	25			•	•	•	•	•	•	•	•	○	○					
63	32				•	•	•	•	•	•	•	•	○	○				
70	36				•	•	•	•	•	•	•	•	•	○	○			
80	40				•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	○	○		
90	45					•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	○	○	
100	50					•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	○	○
110	55					•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	○
125	63						•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	○
140	70						•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•

Vyhovuje na vzpěr při max. vysunutí

Nevyhovuje na vzpěr při max. vysunutí

• Vyhovuje na vzpěr při max. vysunutí  
○ Nevyhovuje na vzpěr při max. vysunutí

Skutečný tlak ve válci při zvedání  $m = 1\,000 \text{ kg}$  :

$$p_{skut} = \frac{4 \cdot F_v}{\pi \cdot d_{skut}^2} \quad (41)$$

$$p_{skut} = \frac{4 \cdot 22\,634}{\pi \cdot 63^2}$$

$$p_{skut} = 7,26 \text{ MPa}$$

Spotřeba oleje ke zdvihu:

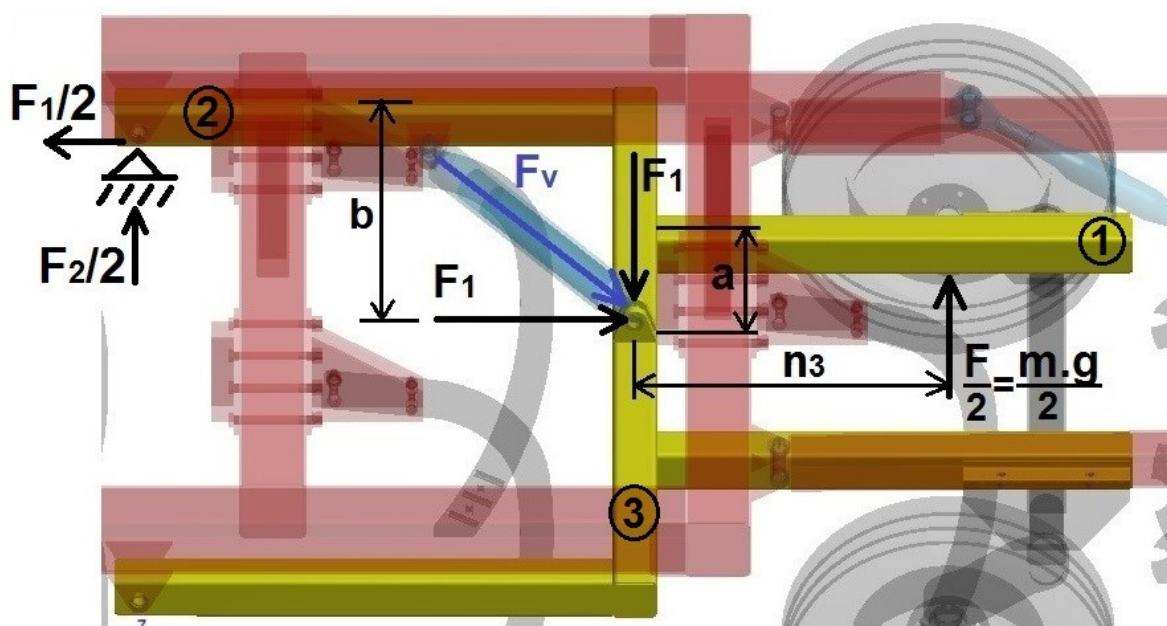
$$V = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot Z \quad (42)$$

$$V = \frac{\pi \cdot 63^2}{4} \cdot 320$$

$$V = 1l < Q(8 \div 10l) \rightarrow \text{vyhovuje}$$

## 5.8 Kontrola rámu nápravy

Na obr. 29 můžeme vidět zatížení poloviny rámu nápravy od vnějších sil.



Obr. 29 Silový rozbor poloviny rámu nápravy

Rozměry:  $n_3 = 562 \text{ mm}$

$a = 338 \text{ mm}$

$b = 717 \text{ mm}$

Z obr. 29 kontroluji nosník č. 1 připojený k nápravě, který je zatížený ohybovým momentem od gravitační síly. Tvoří jej profil 80 x 80 x 4,5 mm.

Ohybový moment:

$$M_1 = \frac{m \cdot g}{2} \cdot n_3 \quad (43)$$

$$M_1 = \frac{1\,000 \cdot 9,81}{2} \cdot 562$$

$$M_1 = 2\,757\,000 \text{ Nmm}$$

---

Ohybové napětí:

$$\sigma_o = \frac{M_1}{W_o} \quad (44)$$

$$\sigma_o = \frac{2\,757\,000}{31\,700}$$

$$\sigma_o = 87 \text{ MPa} < \sigma_{oDov} \rightarrow \text{vyhovuje}$$

Dle [2] str. 54 pro materiál rámu nápravy 11 343 volím dovolené napětí  $\sigma_{oDov} = 130 \text{ MPa}$

Obdobně kontroluji nosník č. 2 na obr. 29. Působí zde ohybový moment a tahová síla. Profil je rovněž 80 x 80 x 4,5 mm. Síla  $F_2$  vyplývá ze vztahu (38).

Ohybový moment:

$$M_2 = \frac{F_2}{2} \cdot n_1 \quad (45)$$

$$M_2 = \frac{6\,195}{2} \cdot 890$$

$$M_2 = 2\,757\,000 \text{ Nmm}$$

Ohybové napětí:

$$\sigma_o = \frac{M_2}{W_o} \quad (46)$$

$$\sigma_o = \frac{2\,757\,000}{31\,700}$$

$$\sigma_o = 87 \text{ MPa}$$

Tahové napětí:

$$\sigma_t = \frac{F}{S} = \frac{\frac{F_1}{2}}{S} \quad (47)$$

$$\sigma_t = \frac{\frac{16\,005}{2}}{1\,340}$$

$$\sigma_t = 6 \text{ MPa}$$

Celkové napětí:

$$\sigma_c = \sigma_0 + \sigma_t \quad (48)$$

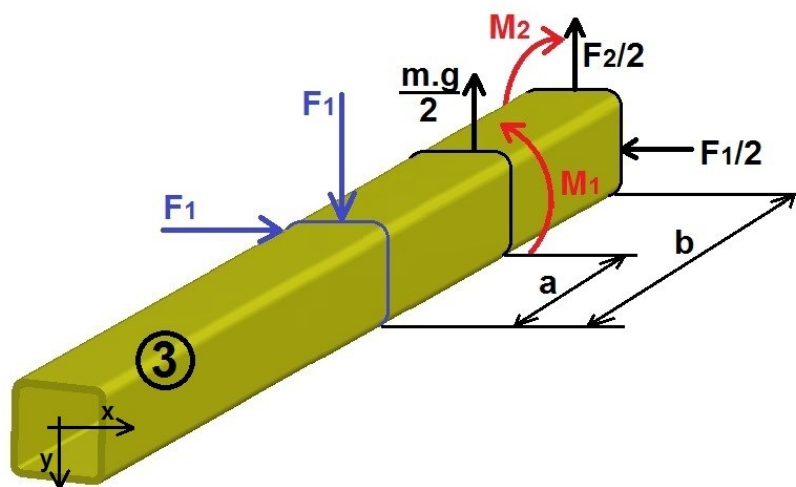
$$\sigma_c = 87 + 6$$

$$\sigma_c = 93 \text{ MPa} < \sigma_{Dov} \rightarrow \text{vyhovuje}$$

Dle [2] str. 54 pro materiál rámu nápravy 11 343 volím dovolené napětí  $\sigma_{Dov} = 130 \text{ MPa}$

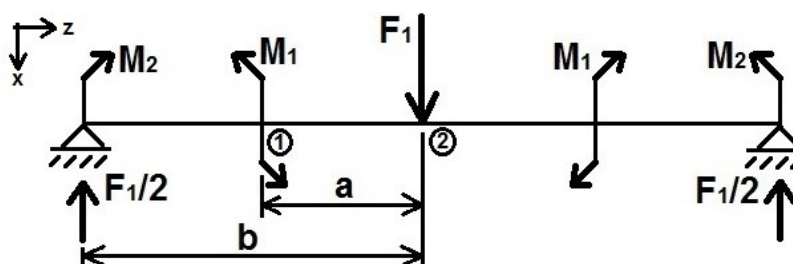
Kontrola nosníku č. 3:

Nosník č. 3 na obr. 29 je zatížen silou  $F_v$  od hydromotoru a promítají se do něj reakce z nosníků č. 1 a č. 2. Profil nosníku je 100 x 100 x 8 mm.



Obr. 30 Síly působící na polovinu nosníku č. 3

Síly na obr. 30 se rozloží do dvou os (obr. 31 a obr. 32). Krouticí momenty  $M_1 = M_2$  se navzájem ruší.



Obr. 31 Rozklad sil v rovině x-z

Ohybové napětí v místě 1, rovina x-z:

$$\sigma_{ox1} = \frac{M_o}{W_o} = \frac{\frac{F_1}{2} \cdot (b - a)}{W_o} \quad (49)$$

$$\sigma_{ox1} = \frac{\frac{16\,005}{2} \cdot (717 - 338)}{79\,900}$$

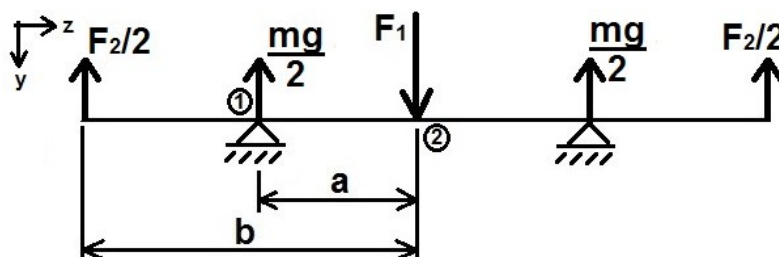
$$\sigma_{ox1} = 38 \text{ MPa}$$

Ohybové napětí v místě 2, rovina x-z:

$$\sigma_{ox2} = \frac{M_o}{W_o} = \frac{\frac{F_1}{2} \cdot b}{W_o} \quad (50)$$

$$\sigma_{ox2} = \frac{\frac{16\,005}{2} \cdot 717}{79\,900}$$

$$\sigma_{ox2} = 72 \text{ MPa}$$



Obr. 32 Rozklad sil v rovině y-z

Ohybové napětí v místě 1, rovina y-z:

$$\sigma_{oy1} = \frac{M_o}{W_o} = \frac{\frac{F_2}{2} \cdot (b - a)}{W_o} \quad (51)$$

$$\sigma_{oy1} = \frac{\frac{6\,195}{2} \cdot (717 - 338)}{79\,900}$$

$$\sigma_{oy1} = 15 \text{ MPa}$$

Ohybové napětí v místě 2, rovina y-z:

$$\sigma_{oy2} = \frac{M_o}{W_o} = \frac{\frac{F_2}{2} \cdot b + \frac{m \cdot g}{2} \cdot a}{W_o} \quad (52)$$

$$\sigma_{oy2} = \frac{\frac{6\,195}{2} \cdot 717 + \frac{1\,000 \cdot 9,81}{2} \cdot 338}{79\,900}$$

$$\sigma_{oy2} = 49 \text{ MPa}$$

---

Celkové napětí v místech 1 a 2:

$$\sigma_{o1} = \sigma_{ox1} + \sigma_{oy1} \quad (53)$$

$$\sigma_{o1} = 38 + 15$$

$$\sigma_{o1} = 53 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{o2} = \sigma_{ox2} + \sigma_{oy2} \quad (54)$$

$$\sigma_{o2} = 72 + 49$$

$$\sigma_{o2} = 121 \text{ MPa}$$

Na nosníku působí krouticí moment od krajů po místo 1. Proto počítám vzniklé napětí:

$$M_k = M_1 = M_2 = 2\,757\,000 \text{ Nmm}$$

$$\tau_k = \frac{M_k}{W_k} \quad (55)$$

$$\tau_k = \frac{2\,757\,000}{116\,000}$$

$$\tau_k = 24 \text{ MPa}$$

Redukované ohybové napětí podle HMH

$$\sigma_{red} = \sqrt{\sigma_{o1}^2 + 3 \cdot \tau_k^2} \quad (56)$$

$$\sigma_{red} = \sqrt{53^2 + 3 \cdot 24^2}$$

$$\sigma_{red} = 67 \text{ MPa}$$

Z výše uvedených výpočtů vyplývá, že největší koncentrace napětí je v místě 2, kde působí síla hydromotoru.

$$\sigma_{o2} = 121 \text{ MPa} < \sigma_{oDov} \rightarrow \text{vyhovuje}$$

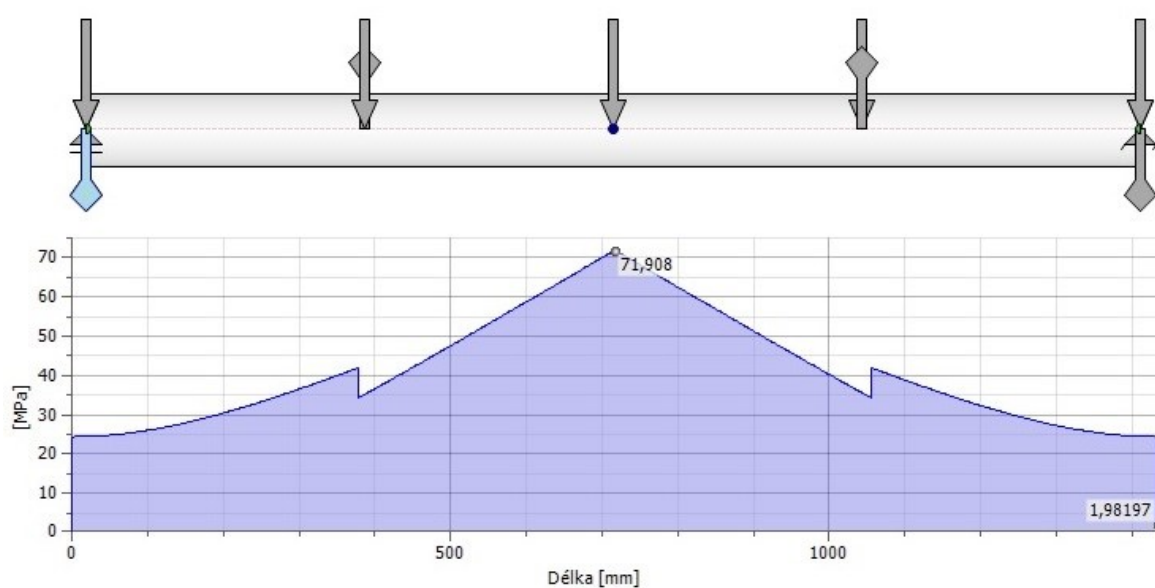
Dle [2] str. 54 pro materiál rámu nápravy 11 343 volím dovolené napětí  $\sigma_{oDov} = 130 \text{ MPa}$

---

Graf redukovaného momentu:

Pomocí programu Autodesk Inventor jsem sestrojil průběh redukovaného napětí (obr. 33). V grafu můžeme vidět špičkové hodnoty na dvou místech. První je v místě působení síly hydromotoru, druhá se nachází v místě uchycení nosníku 1, kde začíná působit krouticí moment. Obě tato místa jsou zkontrolována.

Hodnoty v grafu jsou pouze orientační, jelikož je zde zatěžována hřídel průměru 100 mm místo profilu 100 x 100 x 8 mm.



*Obr. 33 Průběh redukovaného momentu pro hřídel průměru 100 mm*

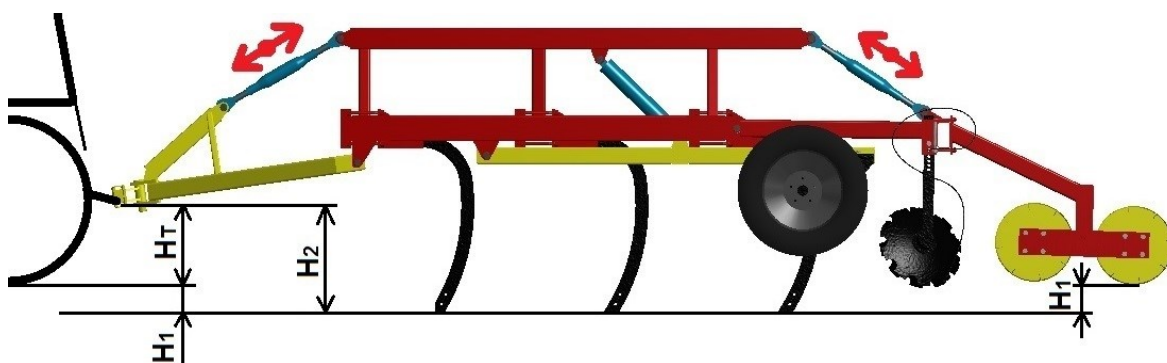
---

## 6 Popis konstrukce stroje

V této kapitole se budu snažit co nejvíce osvětlit, proč je stroj navržen právě tak, jak vypadá. Znovu podotýkám, že v rámci návrhu kypřiče se jedná o kusovou výrobu, kde by měly být použity pouze běžně dostupné profily, popř. komponenty. Celý stroj můžeme rozdělit na tři části. První část je přípojná oj k traktoru, v druhé části se nachází rám a slupice osazené radlicemi, které půdu kypří (radlice již nejsou v modelech zobrazeny). Třetí část rámu slouží k závěrečným pracovním operacím a kopírování.

### 6.1 Nastavení pracovní hloubky kypřiče

Na obr. 34 můžeme vidět důležité rozměry pro nastavení pracovní hloubky. Kypřič je výškově vedený vzadu od dvou válců a vpředu od kol traktoru (táhel třibodového závěsu). Pracovní hloubka stroje se nastaví nejlépe na rovné podložce (např. na cestě), kdy kypřič spustíme na zem. Poté můžeme pomocí zadního 3. bodu zvedat či spouštět zadní kopírovací rám stroje, čímž se bude měnit vzdálenost  $H_1$ . Tuto vzdálenost musí obsluha změřit např. svinovacím metrem od rovné podložky.



Obr. 34 Nastavení pracovní hloubky

V přední části je kypřič vedený pomocí táhel hydrauliky, tedy od kol traktoru. Táhla hydrauliky jsou na traktoru výškově nastavitelná. Pokud chceme nastavit přesnou hloubku kypření, je vhodné mít kypřič v přední části nastaven na dolní úroveň hydrauliky. Jednoduše řečeno, ať může obsluha traktoru pouze spustit stroj, aniž by si musela hlídat výšku ramen. V případě, že traktor stroj v určitých místech neutáhne, může si obsluha rychle pomoci nadzvednutím ramen hydrauliky.

Nastavení pracovní hloubky přední části pro výše uvedený případ doporučuji provést rovněž na rovném terénu. Ještě před samotným připojením stroje k traktoru si změříme



---

vzdálenost ramen hydrauliky traktoru od rovné podložky  $H_T$ . Následně při zapojeném kypřiči sečteme hodnotu  $H_T$  s pracovní hloubkou  $H_1$ , čímž dostaneme hodnotu  $H_2$ , kterou pomocí předního třetího bodu nastavíme.

Pracovní hloubka přední části:

$$H_2 = H_T + H_1 \quad (57)$$

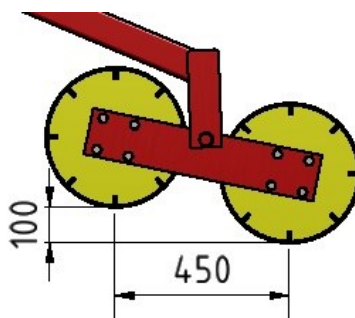
$H_T$  – vzdálenost táhel hydrauliky traktoru ve spodní úvrati od země

Hloubku zpracování po pár desítkách metrů kypření zkontrolujeme pomocí ručního nářadí (např. rýč). Je nutno mít na paměti, že hloubka kypření se za strojem odečítá z nakypřené půdy. Pokud chceme pracovat např. v hloubce 20 cm od slehlé zeminy, měli bychom zadní válce stroje nastavit na výšku např.  $H_1 = 23$  cm.

Stroj není vybaven stálým ukazatelem hloubky zpracování. Tento ukazatel se však dá vyrobit např. k třetímu bodu, jehož délka koresponduje s hloubkou zpracování.

## 6.2 Kopírování terénu pomocí zadního dvojitého válce

Zadní válce (nebo také pěch) jsou navrženy pro lepší kopírování terénu jako vahadlové. Tím se u kypřiče mimo jiné zlepší hloubkové vedení stroje. Na obr. 35 můžeme vidět, jak se válce zachovají při přejíždění nerovnosti s rozdílem výšek 100 mm, což je maximální převýšení.

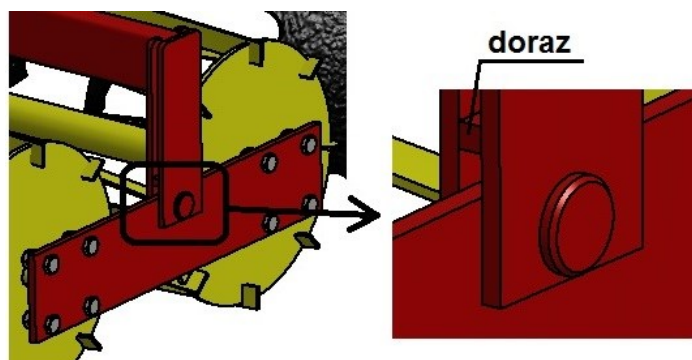


*Obr. 35 Kopírování nerovnosti o výšce 100 mm*

Tehdy se spojovací plech válců zapře o vložený plech na stojkách (doraz je možné vidět v detailu obr. 36). Omezená možnost otáčení je zde pro případ, že jeden z válců bude těžší, třeba kvůli nalepené hlíně, a tudíž by měl tendenci zvednout lehčí válec. Kopírování je zajištěno pomocí čepu průměru 24 mm. Rozteč mezi válci je 450 mm. Při práci kypřiče

---

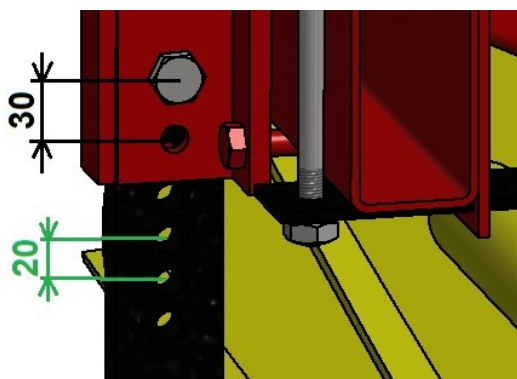
se bude na první válec přenášet vyšší zatížení od rámu stroje. Je to způsobené vlivem jeho odporu v půdě, nicméně předpokládám, že válce nebudou mít tendenci se zakopávat.



*Obr. 36 Doraz spojovacího plechu při kopírování*

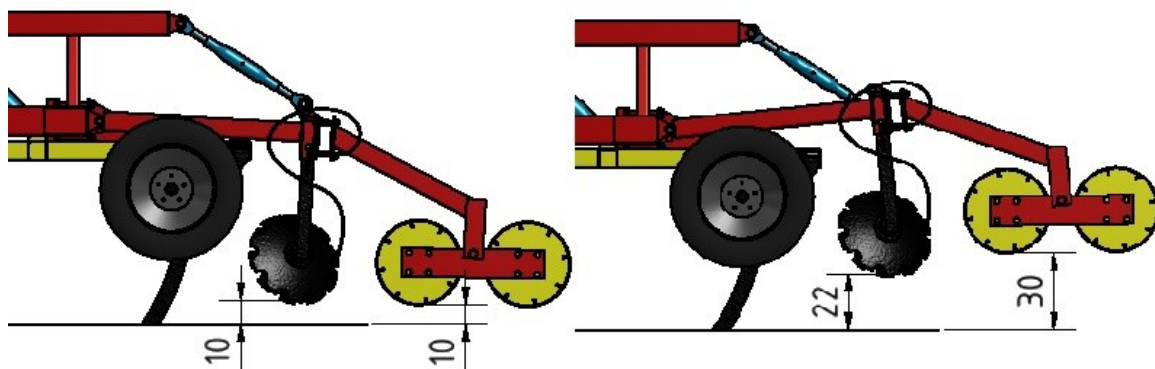
### **6.3 Nastavení pracovní hloubky talířů**

Talíře na kypřiči slouží především k urovnání povrchu půdy po kypřicích radličkách, ale také k lepšímu zamíchání posklizňových zbytků. V neposlední řadě přispívají k vytvoření jemnější struktury hlíny na povrchu, protože zvedají nakypřenou půdu a ta se dopadem rozbíjí. Na obr. 37 můžeme vidět nastavení pracovní hloubky talířů, kdy na slupici jsou díry s roztečí 20 mm a na úchyty se nachází dvě díry s roztečí 30 mm. Tím dosáhneme změnu pracovní hloubky v kroku 10 mm. Zajištění tvoří obyčejný šroub M12 s maticí, popř. se dá zaměnit za čep.



*Obr. 37 Nastavení pracovní hloubky talířů*

Na obr. 38 můžeme vidět, že díky uchycení talířů na společném rámu se zadními válci, je jejich pracovní hloubka částečně závislá na nastavení válců. To znamená, že při malé změně hloubky kypření není potřeba měnit hloubku talířů.

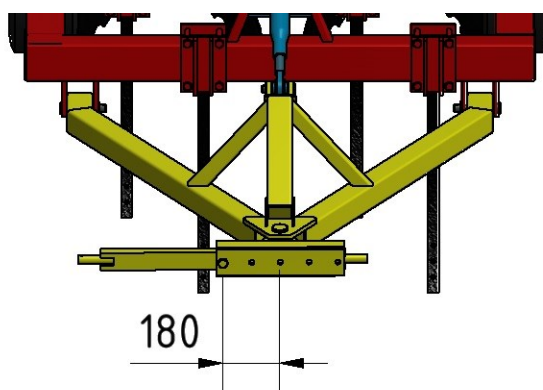


Obr. 38 Nastavení pracovní hloubky s talíři

## 6.4 Úprava připojení k traktoru

Z důvodu malého záběru stroje, který činí při rozestupu slupic 240 mm pouze 1 200 mm jsem navrhnul možnost posunout kypřič na jednu ze stran. Je to jedna z možností, jak si pomoci k tomu, aby kypřič svým záběrem kopíroval šířku traktoru alespoň z jedné strany. Vnější šířka traktoru je 1 800 mm. Způsob posunutí můžeme vidět na obr. 39, kdy máme na výběr pět děr pro připojení s roztečí 90 mm. Maximální přesah může činit 180 mm.

Nicméně toto boční vysunutí má negativní vliv na tahové vlastnosti traktoru, kdy se traktor dostává do smyku. Pokud se smýkání projeví pouze v malé míře a traktor bude ovladatelný, může se toto přestavení použít.



Obr. 39 Možnost posunutí táhla pro připojení k traktoru

## 6.5 Změna rozteče slupic, varianty připojení traktoru

Od samého počátku návrhu stroje byla rozteč slupic velice důležitým údajem, proto bylo vhodné uspořádat stroj tak, aby se rozteč dala měnit. To se také povedlo, jelikož všechny prvky jsou na rámu připevněny šrouby, mohou se libovolně posouvat – jak slupice s radličkami, tak i talíře.

Na obr. 40 můžeme vidět spřažení traktoru s kypřičem, kdy kypřič má rozteč slupic 240 mm. V případě, že traktor bude připojen mimo střed stroje o 180 mm (viz kapitola 6.4), bude vzdálenost mezi kolem traktoru a slupicí dle vztahu (58)  $x_1 = 120$  mm na jedné straně. To znamená, že traktor může jet ve vedlejší stopě zpátky, protože dvojnásobek této vzdálenosti přesně odpovídá rozteči slupic. Bohužel obsluha musí dělat rozory a sklady obdobně jako s pluhem, čímž se zvyšuje počet přejezdů po souvrati.

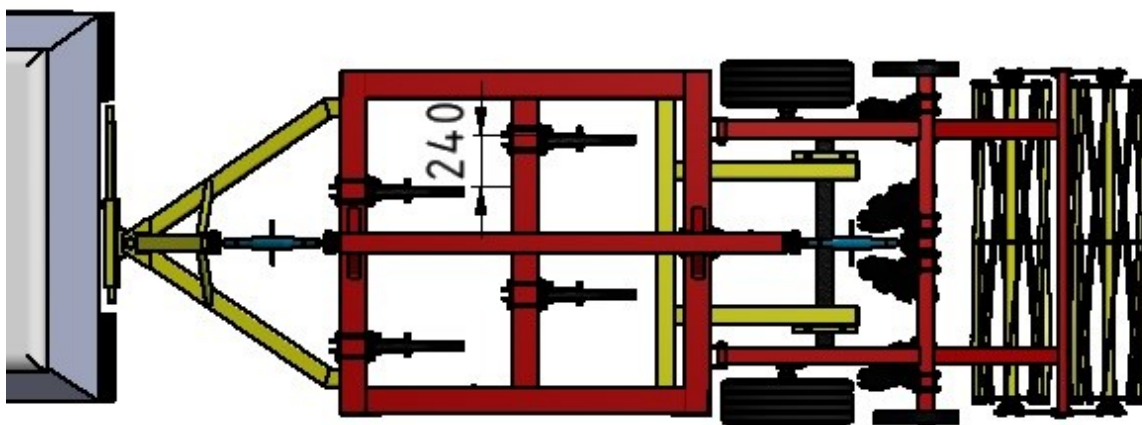
vzdálenost mezi kolem traktoru a slupicí:

$$x_1 = \frac{\text{šířka traktoru} - \text{záběr stroje}}{2} - \text{posunutí od středu} \quad (58)$$

$$x_1 = \frac{1\,800 - 5 \cdot 240}{2} - 180$$

$$x_1 = 120 \text{ mm}$$

Tuto variantu připojení očekávám pro kypření půdy do větší hloubky díky užšímu záběru.



Obr. 40 Sestava traktoru připojeného na stranu s kypřičem o rozteči 240 mm

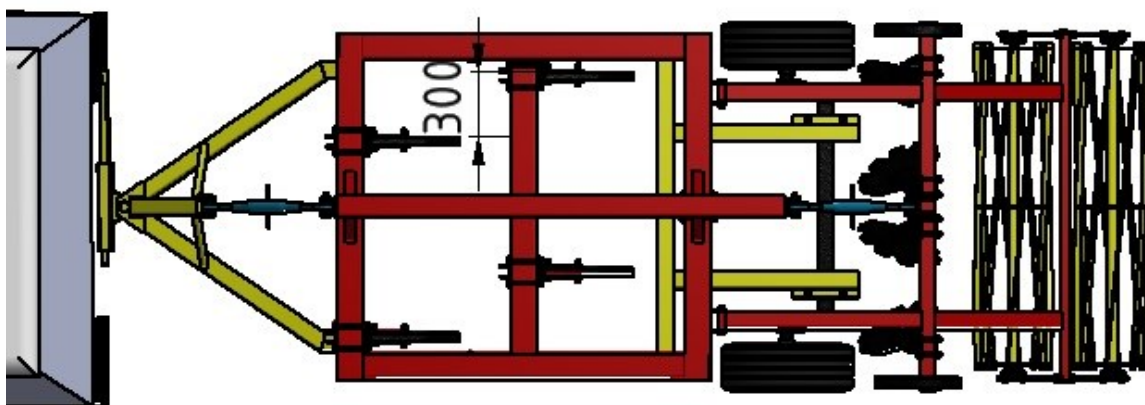
Jako další vhodná varianta spřažení se nabízí možnost zobrazena na obr. 41, kdy má kypřič rozteč slupic 300 mm a traktor je zapojen ke středu. Poté je vzdálenost mezi kolem traktoru a slupicí dle vztahu (59)  $x_2 = 150$  mm. To znamená, že obsluha může jet v dalším záběru zpět, neboť zachovává rozteč 300 mm. Výhodou této druhé možnosti je, že je

kypřič zapojen uprostřed. Traktor není smýkán a může jezdit tam i zpět po jedné straně pole.

vzdálenost mezi kolem traktoru a slupicí:

$$\begin{aligned}x_2 &= \frac{\text{šířka traktoru} - \text{záběr stroje}}{2} - \text{posunutí od středu} \\x_2 &= \frac{1\,800 - 5 \cdot 300}{2} - 0 \\x_2 &= 150 \text{ mm}\end{aligned}\tag{59}$$

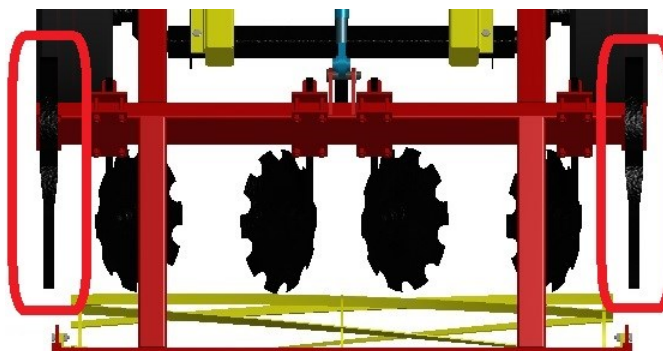
Tuto variantu zapojení považuji za vhodnou pro menší hloubku kypření, případně pro případ většího množství posklizňových zbytků, díky lepší průchodnosti kypřiče.



Obr. 41 Sestava traktoru připojeného na střed s kypřičem o rozteči 300 mm

## 6.6 Přídavné rozšiřující radličky

Vzhledem k tomu, že záběr kypřiče může být 1 200 mm a šířka traktoru je 1 800 mm, počítal jsem v návrhu s přidáním radliček, které by pouze narušily stopy od kol traktoru. Tyto radličky nejsou pro výslednou práci nikterak zásadní, proto doporučuji sestavit celý stroj bez těchto orgánů a vyzkoušet jak práce kypřiče vypadá. Následně se dají radličky přidat, pokud budou potřeba. Nejvhodnější příklad umístění je zobrazen na obr. 42.



Obr. 42 Umístění rozšiřujících radliček

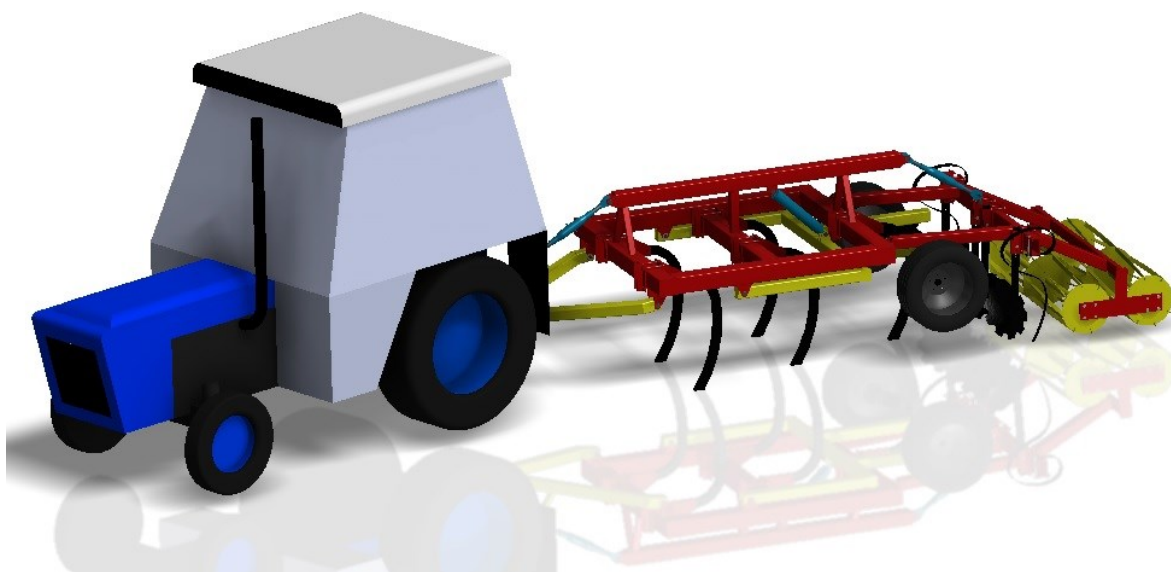
---

## 7 Závěr

Podle zadaných parametrů byl navržen bezorebný radličkový kypřič, který je schopen utáhnout traktor o výkonu do 40 kW při zachování optimální rychlosti. Mohu konstatovat, že návrh v maximální míře splňuje požadavky pro kusovou výrobu v domácích podmínkách. K výrobě většiny částí stroje postačuje bruska, svářečka a vrtačka. Pouze určité komponenty je vhodné nechat vypálit z plechu. Z nakoupených komponent se zde vyskytují čtyři ložiska s domečkem, hydromotor, dva třetí body, čtyři zahrnovací talíře a pět slupic osazených radličkami.

V rámci diplomové práce jsem se také zaměřil na kontrolu uchycení slupic na rám stroje, následně i na kontrolu rámu kypřiče. Dále byl navržen hydraulický obvod pro zvedání stroje.

Kypřič se bude v domácím prostředí vyrábět, jakmile nastane trochu více času – tj. přes zimu. Poté již bude na domácí farmě k dispozici stroj, který může nahradit pluh, zvláště v suchých podmínkách, jaké panovaly na konci léta 2015.



*Obr. 43 Bezorebný radličkový kypřič agregován s traktorem Zetor 6911*

---

## 8 Seznam zdrojů

### Knihy a příručky:

- [1] KUMHÁLA, František.: *Zemědělská technika: stroje a technologie pro rostlinnou výrobu*. Vyd. 1. V Praze: Česká zemědělská univerzita, 2007, 426 s. ISBN 978-80-213-1701-7.
- [2] LEINVEBER, J., VÁVRA, P.: *Strojnické tabulky*. Albra – Pedagogické nakladatelství, Úvaly, 2006, 924 s, ISBN 80-7361-033-7
- [3] KALÁB, Květoslav. *Části a mechanismy strojů pro bakaláře: pomocná učebnice pro školy technického zaměření*. 1. vyd. Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, 2007. 90 s. ISBN 978-80-248-1290-8.

### Internet:

- [4] Produkt TopDown. *Agrall* [online]. [cit. 2016-05-05].  
Dostupné z: <http://www.agrall.cz/produkt/54/topdown#>
- [5] Tiger Brochure. *Horsch* [online]. [cit. 2016-05-05].  
Dostupné z: [http://www.horsch.com/fileadmin/user\\_upload/downloads/english/Tiger/PR\\_Tiger\\_2015\\_en.pdf](http://www.horsch.com/fileadmin/user_upload/downloads/english/Tiger/PR_Tiger_2015_en.pdf)
- [6] Dlátový kypřič Triolent N/NS, příslušenství. *Farmet* [online].  
[cit. 2016-05-05]. Dostupné z: <http://www.farmet.cz/cs/dzt/dlatovy-kypric-triolent-ns>
- [7] Náprava VZ-22 Express nebrzděná. *Agados* [online]. [cit. 2016-05-05].  
Dostupné z: <http://www.agados.cz/nahradni-dily/naprava-vz-22-express-nebrzdena-112x5>
- [8] Třetí bod kat. 2. *Zetorobchod* [online]. [cit. 2016-05-05].  
Dostupné z: [http://www.zetorobchod.cz/fotky2948/fotos/\\_vyr\\_396420011450.jpg](http://www.zetorobchod.cz/fotky2948/fotos/_vyr_396420011450.jpg)

- 
- [9]       Hydraulický válec dvojčinný. *Elotechnik* [online]. [cit. 2016-05-06].  
Dostupné z: <http://www.elotechnik.cz/hydraulicky-valec-dvojcinny-hm1-2-63-32-320-111a111.html>
- [10]       Slupice FG 850. *Agrozetshop* [online]. [cit. 2016-05-05].  
Dostupné z: <http://www.agrozetshop.cz/slupice-fg-850/d-70561-c-1083/>
- [11]       Ložisková jednotka SKF FY 30 TF. *Mateza* [online]. [cit. 2016-05-05].  
Dostupné z: <http://www.mateza.cz/e-shop/loziskova-jednotka-skf-fy-30-tf>
- [12]       Doporučené zdvihy HM. *Elotechnik* [online]. [cit. 2016-05-05].  
Dostupné z: <http://www.elotechnik.cz/hydraulicky-valec-dvojcinny-hm1-2-63-32-320-111a111.html#zalozka-3>
- [13]       Disk pravý. *Farmet* [online]. [cit. 2016-05-05].  
Dostupné z: <http://eshop.farmet.cz/cs/produkt/3003093-disk-pravy-spec-mont-cs>

#### **Použitý software:**

Microsoft Office Word 2010

Autodesk AutoCAD 2015

Autodesk Inventor Professional 2015



---

## **9 Přílohy**

*Příloha 1 - Výkresová dokumentace*

*Příloha 2 - Diplomová práce na CD*